



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TL 141584

PENGARUH BENTUK DAN KOMPOSISI AGREGAT TERHADAP SIFAT MEKANIK *CORK CONCRETE* PELAPIS LANTAI KERETA API

NOVI RAHAYU WULANDARI
NRP 0251154000049

Dosen Pembimbing
Sigit Tri Wicaksono S.Si., M.Si., Ph.D
Dr. Widyastuti, S.Si, M.Si

DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019



TUGAS AKHIR - TL 141584

**PENGARUH BENTUK DAN KOMPOSISI AGREGAT
TERHADAP SIFAT MEKANIK *CORK CONCRETE*
PELAPIS LANTAI KERETA API**

NOVI RAHAYU WULANDARI
NRP 0251154000049

Dosen Pembimbing
Sigit Tri Wicaksono S.Si., M.Si., Ph.D
Dr. Widyastuti, S.Si, M.Si

DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019

(halaman ini sengaja dikosongi)



FINAL PROJECT - TL 141584

**THE EFFECT OF GEOMETRY AND
COMPOSITION OF AGREGATES ON
MECHANICAL PROPERTIES CORK CONCRETE
AS TRAIN FLOOR CONSTRUCTION**

NOVI RAHAYU WULANDARI
NRP 02511540000049

Advisors

Sigit Tri Wicaksono S.Si., M.Si., Ph.D
Dr. Widyastuti, S.Si, M.Si

MATERIAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institut of Technology
Surabaya
2019

(this page is intentionally left blank)

**PENGARUH BENTUK DAN KOMPOSISI AGREGAT
TERHADAP SIFAT MEKANIK *CORK CONCRETE*
PELAPIS LANTAI KERETA API**

TUGAS AKHIR

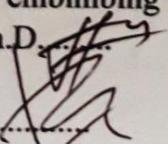
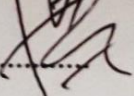
Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknik
Pada

Bidang Studi Material Inovatif
Program Studi S-1 Departemen Teknik Material
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Novi Rahayu Wulandari
NRP 02511540000049

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

1. Sigit Tri W., S.Si., M.Si., Ph.D.  (Pembimbing I)
2. Dr. Widyastuti, S.Si., M.Si.  (Pembimbing II)

SURABAYA
DESEMBER 2018



(halaman ini sengaja dikosongkan)

**PENGARUH BENTUK DAN KOMPOSISI AGREGAT
TERHADAP SIFAT MEKANIK *CORK CONCRETE*
PELAPIS LANTAI KERETA API**

Nama : Novi Rahayu Wulandari
NRP : 02511540000049
Departemen : Teknik Material
Dosen Pembimbing : Sigit Tri W S.Si., M.Si., Ph.D
Dr. Widyastuti, S.Si, M.Si

ABSTRAK

Kereta api adalah jenis transportasi darat yang banyak digunakan oleh masyarakat di penjuru dunia. Salah satu komponen yang penting yaitu komponen lantai kereta api. Adapun pelapis lantai kereta api jenis KRD dan KRL adalah material *cork concrete* yaitu komposit matriks polimer dengan penguat berupa agregat kasar. Penelitian ini menganalisis pengaruh variasi komposisi agregat yang berasal dari Tuban terhadap sifat mekanik yang sesuai dengan standar. Adapun matriksnya terbuat dari resin epoxy dan berpenguat partikel berupa agregat Tuban yang dicampur dengan agregat Puskim. Dari penelitian yang dilakukan disimpulkan bahwa semakin tinggi komposisi agregat Tuban maka sifat mekanik komposit akan semakin semakin meningkat karena pencampuran agregat Tuban dan Puskim dapat meningkatkan sifat mekaniknya karena dapat diprediksi sifat fisiknya melalui teori pencampuran (*Rule of Mixture*). Nilai maksimum didapat pada material komposit pada komposisi agregat 60%Tuban-40%Puskim dengan kuat tekan 68,02 MPa, dan kuat lentur 6,29 MPa. Bentuk dan komposisi agregat sangat mempengaruhi sifat fisik, apabila dengan komposisi berbeda dan jenis material yang berbeda maka sifat dan karakteristik material akan berbeda pula dengan pengamatan secara visual dengan mikroskop stereo, dan FTIR yang telah dilakukan.

Kata Kunci: Komposit, *Concrete*, Sifat Mekanik

(halaman ini sengaja dikosongi)

THE EFFECT OF GEOMETRY AND COMPOSITION OF AGREGATES ON MECHANICAL PROPERTIES CORK CONCRETE AS TRAIN FLOOR CONSTRUCTION

Student Name : Novi Rahayu Wulandari
NRP : 02511540000049
Departement : Material Engineering
Advisors : Sigit Tri W S.Si., M.Si., Ph.D
Dr. Widyastuti, S.Si, M.Si

ABSTRACT

Train is a type of land transportation that is widely used by people throughout the world. One of important component is the component of the train floor. The KRD and KRL train floor construction are made by polymer matrix composites with large particle reinforcements by coarse aggregates that called as cork concrete materials. This research analyzes the effect of variations in aggregate composition originating from Tuban on mechanical properties that appropriate to the standard. The matrix is made of epoxy resin and reinforced by Tuban aggregates mixed with Puskim aggregates. From the research, was concluded that the higher of Tuban aggregate composition of, the mechanical properties of composites will increase as the aggregate mixing of Tuban and Puskim can improve its mechanical properties because it is predicted by its physical properties through the Rule of Mixture theory. The maximum value is obtained on the composite material which contains aggregate composition of 60% Tuban-40% Puskim with compressive strength of 68.02 MPa, and flexural strength of 6.29 MPa. The geometry and composition of the aggregate greatly affects the physical properties, if it has different compositions and different types of material, the properties and characteristics of the material will become different from visual observations with microscope, and FTIR.

Keywords: Composite, Concrete, Mechanical Properties

(halaman ini sengaja dikosongi)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis sampaikan kepada Allah SWT atas rahmat dan Hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul “**Pengaruh Bentuk dan Komposisi Agregat Terhadap Sifat Mekanik *Cork Concrete* Pelapis Lantai Kereta Api**”.

Laporan ini disusun dan diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan studi di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu penulis dari awal pelaksanaan tugas akhir, penentuan topik laporan hingga selesainya penyusunan laporan tugas akhir ini, diantaranya :

1. Allah SWT yang telah memberi kelancaran dalam proses mengerjakan Tugas Akhir hingga penyusunan laporan.
2. Rasulullah SAW yang selalu memberikan kasih sayang dan tuntunannya untuk senantiasa beribadah kepada Allah SWT.
3. Kedua Orang Tua, Bapak Muhammad Khoiri dan Ibu Siti Murofi’ah yang selalu memberikan dukungan moril dan materil serta doa yang tidak henti untuk penulis.
4. Bapak Dr. Agung Purniawan, S.T., M.Eng., selaku Ketua Departemen Teknik Material.
5. Bapak Dr. Eng. Hosta Ardhyanta, S.T., M.Sc., selaku dosen wali yang telah membimbing, memberi saran dan arahan serta nasihat selama perkuliahan di Departemen Teknik Material.
6. Bapak Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku pembimbing I tugas akhir yang telah membimbing, memberi saran dan arahan serta nasihat dalam pelaksanaan tugas akhir dan penyusunan laporan tugas akhir ini.
7. Ibu Dr. Widyastuti, S.Si., M.Si., selaku pembimbing II tugas akhir yang telah membimbing, memberi saran dan arahan serta nasihat religius dalam pelaksanaan tugas akhir dan penyusunan laporan tugas akhir ini.

8. Bapak Tarmuji, Bapak Alit MT 02, Mas Wahyu Perdana MT 14, selaku pembimbing perusahaan di PT. INKA (Persero) yang banyak memberi dukungan dan membantu kelancaran selama proses pembuatan spesimen Tugas Akhir.
9. Teman-teman MT 17 yang selalu memberikan support moral dan material demi kelancaran perkuliahan penulis.
10. Mas Sochibul, Mas Fajryansya, Fitri, Intan, Yuyun, Retno, Muhayat, Putro, Rosa, Kuni, Ajeng serta teman-teman Lab Material Inovatif yang membantu kelancaran proses penyusunan proposal tugas akhir ini.
11. Adik-adik, Saudara, teman – teman organisasi dan orang-orang yang pernah singgah di hati yang memberikan motivasi dan dukungan bagi penulis
12. Semua yang tidak dapat saya sebutkan disini yang memberi dukungan dan membantu kelancaran proses tugas akhir ini.

Penulis menyadari jika laporan ini masih jauh dari sempurna, diperlukan adanya saran dan kritik yang membangun dapat memberikan manfaat bagi penulis dan untuk studi selanjutnya. Demikian semoga laporan ini dapat memberikan informasi yang memadai bagi pembaca.

Surabaya, Desember 2018
Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
TITLE PAGE.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN.....	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Masalah	3
1.4 Batasan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Floor Construction.....	5
2.2 Komposit	5
2.3 Proses Pengerjaan Floor Construction.....	12
2.4 Beton	18
2.5 Polymer Concrete	19
2.6 Resin Epoksi.....	20
2.7 Pengaruh Bentuk dan Ukuran Agregat.....	21
2.8 Teori Pencampuran (Rule of Mixture).....	22
2.9 Kuat Tekan	23
2.10 Kuat Lentur	23
2.11 Penelitian Sebelumnya	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Diagram Alir	29
3.2 Standar Pengujian.....	30
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	31
3.4 Variabel Penelitian	36
3.5 Tahapan Penelitian	37

3.6 Proses Pengujian Sampel.....	42
3.7 Desain Penelitian.....	43
BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN	
4.1 Analisa Proses Pembuatan.....	45
4.2 Analisa Hasil Uji FTIR (<i>Fourier Transform Infrared</i>)	46
4.3 Analisa Hasil Uji Makroskopis	49
4.4 Analisa Pengujian Densitas	50
4.5 Analisa Pengujian Porositas dan Water Absorb	52
4.6 Analisa Pengujian Kuat Lentur	54
4.7 Analisa Pengujian Kuat Tekan	55
4.8 Pembahasan	60
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	65
5.2 Saran.....	66
DAFTAR PUSTAKA	xix
LAMPIRAN	
UCAPAN TERIMA KASIH	
BIOGRAFI PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Penampang melintang potongan kereta penumpang pada potongan pelapis lantai kereta.....	6
Gambar 2.2	Klasifikasi komposit berdasarkan jenis penguat.....	9
Gambar 2.3	Klasifikasi komposit berdasarkan matrik	10
Gambar 2.4	Struktur Komposit (Jones, 1999).....	11
Gambar 2.5	Potongan B-B merupakan potongan melintang dari pelapis lantai kereta.....	15
Gambar 2.6	Free Body Diagram Balok yang Menerima Beban yang Terdistribusi Secara Merata.....	17
Gambar 2.7	Free Body Diagram Balok yang Menerima Beban Terpusat.....	17
Gambar 2.8	Struktur molekul dasar resin epoksi (Johanadib Heri, 2012).....	20
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian	30
Gambar 3.2	Resin epoksi.....	31
Gambar 3.3	Lateks	32
Gambar 3.4	Agregat yang digunakan berturut-turut dari kiri Agregat A(agregat Tuban) dan Agregat B (agregat Puskim).....	32
Gambar 3.5	Hardener	33
Gambar 3.6	Neraca Digital.....	34
Gambar 3.7	Mikroskop Stereo	34
Gambar 3.8	Mesin FTIR	35
Gambar 3.9	Mesin Uji Kompresi	35
Gambar 3.10	Mesin Uji Bending	36
Gambar 3.11	Oven	36
Gambar 3.12	Diagram Alir Pengerjaan Bond Coat Lantai Kereta Api.....	37
Gambar 3.13	Diagram Alir Pengerjaan Base Coat Lantai Kereta Api.....	39
Gambar 3.14	Diagram Alir Pengerjaan Topcoat Lantai Kereta Api.....	41

Gambar 4.1 Produk Hasil Manufaktur	46
Gambar 4.2 Analisis FTIR terhadap sampel Komposit <i>Cork Concrete</i>	47
Gambar 4.3 Rumus struktur Bisphenol A (Brydson, 1984)...	48
Gambar 4.4 Pengamatan dengan mikroskop stereo.....	49
Gambar 4.5 Grafik hasil pengujian densitas.....	51
Gambar 4.6 Grafik Pengujian Porositas	52
Gambar 4.7 Grafik Pengujian Water absorbtion	54
Gambar 4.8 Grafik Pengujian kuat lentur.....	55
Gambar 4.9 Grafik Pengujian kuat tekan	56
Gambar 4.10 Grafik hubungan antara kuat tekan dan kuat lentur dari tiap komposisi agregat A	58
Gambar 4.11 Hasil pengujian kuat lentur pada variasi komposisi 15%-100% Agregat A	59
Gambar 4.12 Hasil pengujian kuat tekan pada variasi komposisi 15%-100% Agregat A	59

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Faktor Lingkungan	5
Tabel 2.2 Klasifikasi material komposit.....	7
Tabel 2.3 Lapisan <i>cork concrete</i>	12
Tabel 2.4 spesifikasi material pelapis lantai kereta	13
Tabel 2.5 spesifikasi yang digunakan perusahaan.....	14
Tabel 2.6 Penelitian serupa yang sudah ada.....	24
Tabel 3.1 Jenis pengujian dan standar pengujiannya	30
Tabel 3.2 Daftar variabel pengujian.....	36
Tabel 3.3 Perhitungan Volume Spesimen Uji Fisik	44
Tabel 3.4 Perhitungan Massa Spesimen Uji Fisik tiap komposisi agregat A	44
Tabel 3.5 Perhitungan Volume Spesimen Uji Mekanik	45
Tabel 3.6 Perhitungan Massa Spesimen Uji Bending tiap komposisi agregat A	42
Tabel 4.1 Daerah Serapan Epoksi	47

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara berkembang. Banyak yang sedang dikembangkan dan banyak para peneliti yang melakukan riset di berbagai bidang penelitian baik dalam skala laboratorium maupun skala industri. Banyaknya teknologi dan kemajuannya menjadi salah satu tolok ukur kemajuan suatu negara. Industri transportasi di Indonesia merupakan saat ini tengah mengalami perkembangan, baik dalam lingkup teknologi maupun material yang diaplikasikan. Kereta api adalah jenis transportasi darat yang banyak digunakan oleh masyarakat di Indonesia karena lebih efisien berdasarkan waktu dan dari segi finansial. PT. Industri Kereta Api (Persero) merupakan sebuah perusahaan yang beroperasi di kota Madiun, Jawa Tmur. Perusahaan tersebut merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang manufaktur kereta api baik kereta penumpang maupun kereta barang sehingga memerlukan riset tentang kereta api. Salah satu komponen yang penting yaitu komponen rantai kereta api.

Dalam hal ini, perusahaan tersebut mengaplikasikan pelapis rantai berbahan batu agregat dan campuran semen dan agregat halus untuk kereta penumpang jenis KRL dan KRDE (Dokumen PT. INKA). Sehingga pelapis rantai tersebut dapat digolongkan sebagai material komposit semen bermatriks polimer (beton polimer) (Frigione, 2010). Sejauh ini, agregat yang digunakan yaitu agregat puskim yang berasal dari Cilacap Jawa Tengah yang dicampur dengan semen dan adhesif dalam perbandingan tertentu. Namun, pada kenyataannya, semakin lama persediaan material agregat A yang berasal dari Cilacap akan semakin terbatas apabila digunakan dalam skala banyak dan dalam jangka waktu yang terlalu sering maka dari itu diperlukan material berupa batu agregat lain sebagai substitusi.

Sifat fisik dan mekanik yang sesuai standar spesifikasi perusahaan menjadi acuan dalam pemilihan agregat karena sangat



berpengaruh pada massa dari kereta yang melaju dengan kecepatan tinggi dan tujuan pengaplikasiannya sebagai pelapis lantai kereta untuk meredam getaran dan sebagai pemberat pada saat kereta melaju dengan kecepatan tinggi. Keterbatasan dari ketersediaan material agregat puskim menjadi problem dalam hal pengadaan bahan dan alasan pemilihan material agregat pengganti lainnya sehingga perlu dilakukan pengujian komponen pelapis lantai berbahan agregat Tuban.

Dari beberapa agregat yang tersedia yaitu memiliki perbedaan pada bentuk geometri agregat tersebut. Agregat memiliki bentuk butir dari bulat (rounded) sampai bersudut (angular). Bentuk butir agregat dapat mempengaruhi workabilitas campuran beton selama pencampuran yaitu dalam hal energi pemadatan dan kekuatan struktur beton selama umur pelayanannya (Martin H, 2007). Agregat yang bersudut tajam, berbentuk kubikal dan agregat yang memiliki lebih dari satu bidang pecah akan menghasilkan ikatan antar agregat yang lebih baik bila dibandingkan dengan agregat yang berbentuk bulat karena lebih banyak terdapat porositas.

Oleh karena itu perlu dilakukan studi kasus mengenai peninjauan bentuk agregat dan komposisi agregat puskim dan Tuban untuk memperoleh sifat mekanik yang memenuhi standar spesifikasi PT. INKA dengan variabel bentuk agregat dan komposisi agregat Tuban sebagai pelapis lantai yang memenuhi standar. Dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi solusi dalam pemilihan agregat dan pengadaan material pada proses produksi.

1.2 Rumusan Masalah

Perumusan masalah dalam penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh bentuk agregat terhadap sifat fisik dan mekanik komposit lantai kereta?
2. Berapa komposisi agregat Puskim dan Tuban pada komponen pelapis lantai kereta yang sifat mekanik nya memenuhi standar spesifikasi PT. INKA?



1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Menganalisa pengaruh bentuk agregat terhadap sifat fisik dan sifat mekanik komposit lantai kereta.
2. Menganalisa prosentase komposisi agregat Puskim dan Tuban pada komponen lantai kereta yang sifat mekaniknya memenuhi standar spesifikasi PT. INKA.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Jenis material yang digunakan adalah komposit dengan material batu agregat Tuban dan Puskim, yang masing-masing dicampurkan dengan semen dan adhesif.
2. Resin dan Hardener yang digunakan merupakan jenis resin dan hardener jenis dan komposisi yang sama.
3. Komposisi kimia dan ukuran partikel agregat diasumsikan homogen.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat dalam penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Memberikan data hasil pengujian pengujian mekanik, maupun pengujian secara mikro kepada pihak perusahaan sehingga menjadi pertimbangan dalam proses produksi dan pemilihan bahan.
2. Memberikan wawasan tentang proses pembuatan komposit untuk aplikasi pelapis lantai kereta api serta spesifikasi hasil pengujiannya baik pengujian fisik, pengujian mekanik, maupun pengujian secara makro.



(halaman ini sengaja dikosongi)

BAB II

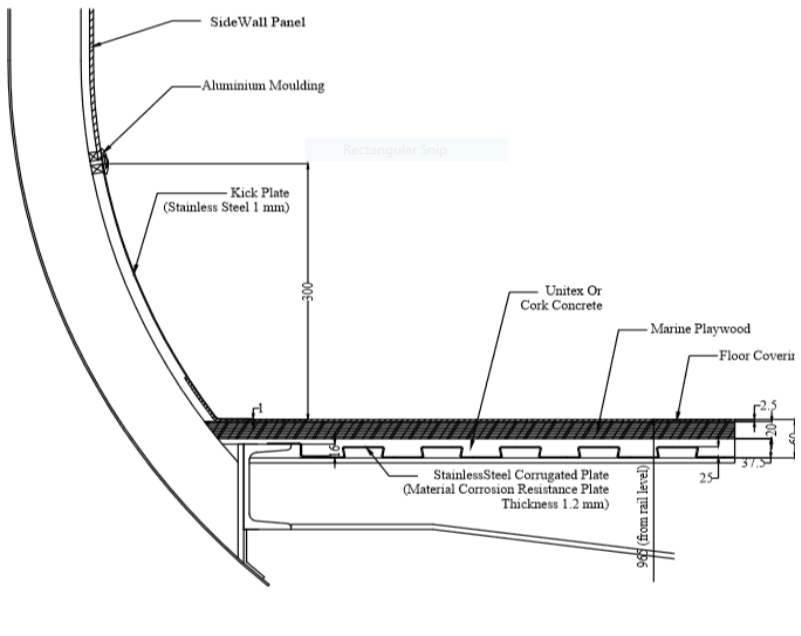
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Floor Construction

Pelapis lantai kereta (Floor Construction) atau yang biasa disebut dengan *cork concrete* merupakan komponen pelapis lantai kereta yang terbuat dari campuran agregat, semen, dan cairan pengikat. Oleh karena itu material cor pelapis lantai (mortar) yang terbentuk oleh cairan ini tidak rusak karena pengaruh getaran saat kereta dioperasikan hingga kecepatan tinggi. Pelapis lantai digunakan untuk semua jenis kereta penumpang. Semua bahan yang digunakan harus mempunyai spesifikasi yang jelas. Spesifikasi pelapis lantai kereta ditentukan berdasarkan pertimbangan faktor lingkungan (Tabel 2.1) dan getaran.

Tabel 2.1 Faktor Lingkungan

Faktor	Kondisi kriteria
Kondisi iklim	Tropis
Suhu maksimum (maks)	35°C
Kelembapan relatif (maks)	95%
Kecepatan (maks)	120 km/jam



Gambar 2.1 Penampang melintang potongan kereta penumpang pada potongan pelapis lantai kereta.

2.2 Komposit

2.2.1 Pengertian Komposit

Definisi dari komposit dalam lingkup ilmu material merupakan gabungan antara dua buah material atau lebih yang digabung pada skala makroskopis untuk membentuk material baru yang lebih bermanfaat. Komposit terdiri dari dua unsur yaitu serat (fibre) sebagai reinforcement atau penguat dan bahan pengikat serat yang disebut dengan matriks. Unsur utama dari bahan komposit adalah serat, serat inilah yang menentukan karakteristik suatu bahan seperti kekuatan, keuletan, kekakuan, dan sifat mekanik yang lain. Serat berfungsi untuk menahan sebagian besar



gaya yang bekerja pada material komposit, sedangkan matrik yang berfungsi untuk mengikat serat. (Ronal F. Gibson 1993).

Pada definisi yang lebih mendalam khususnya dalam istilah engineering, komposit didefinisikan berdasarkan tingkat dari definisinya. Pada elemental atau tingkat dasar, dimana molekul dan sel kristal masih tunggal, semua material tercampur dari dua atau lebih atom yang berbeda dapat dianggap sebagai komposit. Pada definisi ini komposit terdiri dari campuran, baik itu logam, campuran, polimer ataupun campuran keduanya. (Schwartz, 1984)

Pada tingkat struktur mikro, komposit didefinisikan sebagai material yang terdiri dari gabungan dua atau lebih kristal, dengan struktur molekul atau fase yang berbeda. Sebagai contoh semua material logam yang hanya mempunyai fase tunggal seperti perunggu dan kuningan akan diklasifikasikan sebagai monolithic, sedangkan baja mempunyai multithipase logam, yaitu dari karbon dan besi yang juga dapat didefinisikan sebagai bahan komposit. (Schwartz, 1984)

Pada tingkat struktur makro yaitu berhubungan dengan bentuk atau unsur pokok dari struktur yang besar, sepeprti matriks dan partikel/serbuk sehingga pemikiran mengenai komposit adalah sebagai sistem material yang berasal dari campuran unsur pokok makro yang berbeda. Bahan komposit biasanya dibangun dari dua fase, yaitu fase matriks dan fase dispersi (penambah)/reinforcement. Geometri penyusunan pada fase dispersi sangat berpengaruh. Geometri tersebut dapat meliputi konsentrasi dispersi, ukuran, tebal lapisan dispersi, jarak penyusunan dan orientasinya. Polimer, logam, dan keramik biasanya sebagai fase matriks dan serat gelas, serat karbon, whisker, asbes, dan serat alam sebagai fase dispersinya. (Schwartz, 1984)

Tabel 2.2 Klasifikasi material komposit

No.	Kategori klasifikasi	Golongan komposit	Jenis	Contoh
-----	-------------------------	----------------------	-------	--------



1	Penguat	Komposit serat (fibrous composite)	Serat alam	Daun nanas, sabut kelapa, dan rami
			Serat buatan	Serat kaca, serat karbon, serat aramid
		Komposit lapis (laminated composite)	Komposit dua lapis atau lebih	Bimetal, komposit lapis serat
		Komposit partikel (particulate composite)	Komposit partikel besar	Komposit agregat besar dan kecil (beton)
			Komposit penguat dispersi	Sintered aluminium powdered (SAP)
2.	Matriks	Komposit matriks polimer (Polymer Matrix Composite)	Matrik organik	matrik yang terbuat dari bahan organik yang mudah serta murah
		Komposit matriks logam (Metal)	matrik anorganik	bahan logam yang pada umumnya

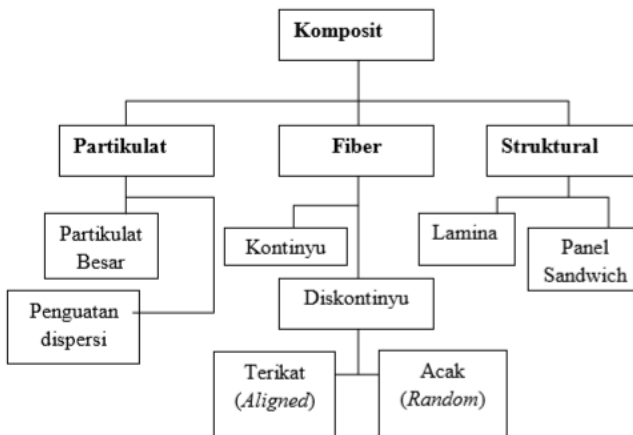
BAB II TINJAUAN PUSTAKA



Laporan Tugas Akhir
Departemen Teknik Material FTI-ITS

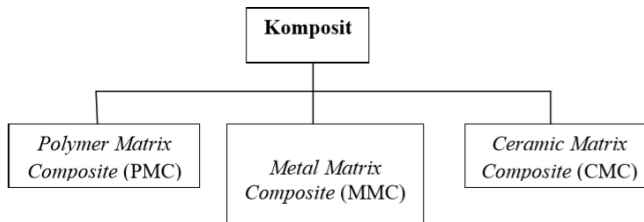
		Matrix Composite)		memiliki berat dan kekuatan tinggi
		Komposit matriks keramik (Ceramic Matrix Composite)	Matrik organik	matrik yang terbuat dari bahan organik yang mudah serta murah

(Gibson, 1994)



Gambar 2.2 Klasifikasi komposit berdasarkan jenis penguat.

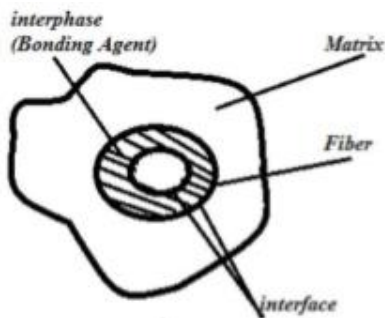
Sedangkan berdasarkan matriknya, komposit dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu polymer Matrix Composite (PMC), Metal matrix Composite (MMC) dan Ceramic Matrix Composite (CMC) seperti yang ditunjukkan pada gambar 2 berikut.



Gambar 2.3 Klasifikasi komposit berdasarkan matriks.

2.2.2 Material Penyusun Komposit

Material penyusun komposit terdiri atas matriks dan fiber. Penggabungan material yang berbeda bertujuan untuk menemukan material baru yang mempunyai sifat antara material penyusunnya yang tidak akan diperoleh jika material penyusunnya berdiri sendiri. Fiber sangat berperan dalam memberikan kekuatan dan kekakuan komposit, namun aspek lain yang menjadi sumber kekuatan komposit didapat dari matriks yang memberikan ketahanan terhadap temperatur tinggi, ketahanan terhadap tegangan geser, dan mampu mendistribusikan beban. Menurut Schwartz (1986), material penyusun komposit tersebut bisa berupa *fibers, particles, laminate or layers, flakes fillers* dan matriks. Matriks sering disebut sebagai unsur pokok bodi, sedangkan *fibers, particles, laminate or layers, flakes fillers* disebut sebagai unsur pokok struktur. Adanya dua penyusun komposit atau lebih menimbulkan beberapa daerah dan istilah penyebutannya, diantaranya matriks yaitu penyusun dengan fraksi volume terbesar, penguat sebagai penahan beban utama, interphase sebagai pelekats antar dua penyusun, interface yang merupakan permukaan fase yang berbatasan dengan fase lain. Struktur penyusun komposit dapat dilihat pada **Gambar 2.4**



Gambar 2.4 Struktur Komposit (Jones, 1999)

2.2.3 Matriks

Pada material komposit, matriks memberikan pengaruh yang lebih besar dalam pengikatan material penyusun selain bertugas untuk mendistribusikan beban dan memberikan perlindungan dari pengaruh lingkungan. Gibson (1994), mengatakan bahwa matriks dalam struktur komposit bisa berasal dari bahan polimer, logam, maupun keramik. Matriks adalah fasa dalam komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar (dominan). Poliester, polipropilena, dan vinil ester umumnya yang paling banyak digunakan sebagai matriks pembentuk komposit dan biasanya digunakan untuk pembuatan produk-produk komersial, industri dan transportasi. Namun, bila produk yang dibutuhkan diharapkan untuk memiliki kekuatan yang lebih tinggi maka bahan epoksi menjadi pilihan sebagai matriks. Meskipun epoksi sensitif terhadap kelembaban, namun tetap masih lebih baik dibanding dengan polyester serta tahan terhadap penyusutan.

Dalam aplikasinya epoksi terbatas terhadap temperatur hingga 120°C untuk pemakaian jangka panjang, bahkan pada kondisi tertentu temperatur tertinggi hanya pada sekitar 80°C sampai 105°C. Untuk pemakaian pada temperatur lebih tinggi sekitar 177°C sampai 230°C dapat menggunakan bismaleimide resins (BMI) sebagai matriks. Matriks secara umum berfungsi untuk



mengikat serat menjadi satu struktur komposit. Menurut Gibson (1994) matriks memiliki fungsi, antara lain:

- a. Memindahkan dan mendistribusikan tegangan ke serat.
- b. Membentuk ikatan koheren, permukaan matrik atau serat.
- c. Melindungi serat dari kerusakan akibat kondisi lingkungan.
- d. Mengikat serat menjadi satu kesatuan struktur
- e. Menyumbang beberapa sifat seperti, kekakuan, ketangguhan dan tahanan listrik.
- f. Tetap stabil setelah proses manufaktur.

2.2.4 Reinforcement atau Filler

Salah satu bagian utama dari komposit adalah reinforcement (penguat) yang berfungsi sebagai penanggung beban utama pada komposit. Filler adalah bahan pengisi yang digunakan dalam pembuatan komposit, biasanya berupa serat atau serbuk. Serat yang sering digunakan dalam pembuatan komposit antara lain serat E-Glass, boron, karbon dan lain sebagainya. Bisa juga dari serat alam antara lain serat kenaf, jute, rami, ijuk dan lain sebagainya (Gibson, 1994).

2.3 Proses Pengerjaan Floor Construction

2.3.1 Deskripsi

Pelapis lantai kereta merupakan campuran dari agregat, semen, dan cairan pengikat. Proses pelapisan kereta terdiri dari beberapa proses seperti pada tabel 2.3 yaitu :

Tabel 2.3 Lapisan *cork concrete*

No.	Lapisan	Material	Keterangan
1	Bond coat	Campuran dari resin (R) + Hardener (H)	R : H = 4 : 1 (by weight) dan 3,5 : 1 (by volume)
2	Base coat	campuran dari large agregat (2,4 – 4,8 mm) + resin (R) + Hardener (H)	large agregat (2,4 – 4,8 mm)



3	Top coat	campuran dari small agregat (1,2 – 2,4 mm) + liquid A + semen	- Small agregat (1,2 – 2,4 mm) - Semen jenis portland
---	----------	---	--

2.3.2 Spesifikasi Teknik Bahan

Dalam proses pengerjaan Floor Contruction atau yang biasa disebut dengan pelapis lantai kereta, bahan yang digunakan harus sesuai dengan standar spesifikasi yang diterapkan oleh perusahaan. Adapun material yang digunakan beserta spesifikasinya dijelaskan dalam tabel 2.4 berikut:

Tabel 2.4 spesifikasi material pelapis lantai kereta

No.	Material	Spesifikasi	Keterangan
1	Agregat	<ul style="list-style-type: none">- Densitas(sebelum dicampur) 1,1 – 1,2 kg/dm³- Tidak larut dalam asam dan tidak melunak sampai temperatur 1000°C- Ukuran butiran agregat: base coat : 2,4 – 4,8 mm top coat : 1,2 – 2,4 mm	Harus ringan yang disusun oleh pengapuran kaolinite ($\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{SiO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$) terutama mineral lempung yang dicampur Kaolinit montmorilonite, secicite, selicide, dan sedikit oksida besi dan oksida alkali tanah.
2	Semen	Semen jenis portland	Harus mampu mengikat partikel agregat sehingga memiliki ketahanan terhadap tekanan yang lebih kuat, getaran, dan



			penyusutan yang lebih baik.
3	Cairan pengikat	<ul style="list-style-type: none"> - Untuk bond coat cairan yang digunakan resin (R) + Hardener (H). - Untuk top coat cairan yang digunakan adalah liquid A 	<p>harus mempunyai sifat khusus sebagai berikut :</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Adhesi yang sangat baik b. Mengurangi pengerutan c. Elastisitas besar d. Ketahanan terhadap air sangat baik e. Menambah ketahanan abrasi f. Memperbaiki ketahanan terhadap bahan kimiawi g. Tidak beracun

2.3.3 Spesifikasi Mekanis Pelapis Lantai Kereta :

Setelah ketiga bahan (agregat, semen, dan cairan) diaplikasikan dan menjadi pelapis lantai kereta harus mempunyai sifat – sifat mekanis yang ditunjukkan pada **Tabel 2.5** sebagai berikut:

Tabel 2.5 spesifikasi yang digunakan perusahaan

No.	Spesifikasi	Nilai standar perusahaan
1	Kekuatan tarik (standar uji ASTM C 190)	minimal 36 kg/cm ²
2	Kekuatan tekan	minimal : 112 kg/cm ²
3	Kekuatan lentur	Minimal 4-7 MPa
3	Penyerapan air	rata – rata : 11 – 16 %

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



Laporan Tugas Akhir
Departemen Teknik Material FTI-ITS

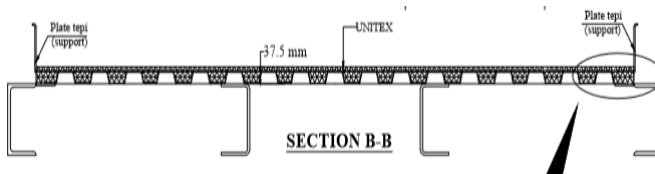
4	Kadar rongga	28 – 36 %
5	Massa jenis	maksimal : 1,3 kg/dm ³
6	Penghantar panas	rata – rata : 0,18 kkal/m-jam (pada temperatur 70°C)

(Dokumen arsip PI PT. INKA)

Beberapa spesifikasi yang merupakan sifat mekanik dari material pelapis lantai kereta yaitu kekuatan tarik dan kekuatan lentur. Adapun Fungsi pengujian tarik adalah:

- (1) untuk mengetahui sifat mekanis dari suatu material terhadap tarikan di mana sifat mekanis tersebut antara lain mengetahui titik luluh, titik tarik maksimum, titik putus, dan karakter bahan (ulet, getas), terutama untuk keperluan perencanaan konstruksi maupun pengerjaan logam tersebut,
- (2) untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan, dan
- (3) sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan

(Qolik, 1991 : 1)



Gambar 2.5 Potongan B-B merupakan potongan melintang dari pelapis lantai kereta

(Dokumen arsip PI PT. INKA)

Adapun pelapis lantai kereta merupakan komponen yang berperan besar ketika menerima beban dari bagian dalam kereta seperti para penumpang. Dalam hal ini, gaya yang diperoleh dari pijakan penumpang dapat dikaitkan dengan gaya pada pengujian dan pengujian lentur. Pada pijakan kaki penumpang yang dapat terjadi di seluruh permukaan dapat dianalogikan sebagai distribusi gaya yang terjadi pada pengujian tekan. Gaya tekan dapat terjadi



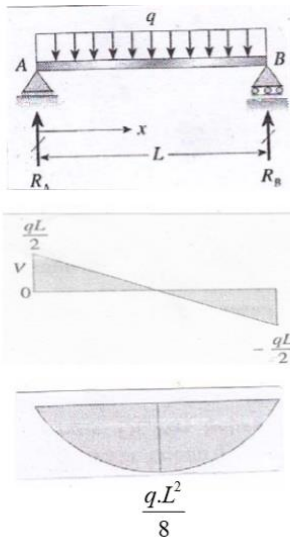
pada seluruh permukaan dan atau bagian tertentu dari pelapis lantai kereta.

Apabila pelapis lantai mendapat gaya pijakan kaki penumpang pada suatu titik tertentu, maka gaya tersebut dapat dikategorikan sebagai beban terpusat. Beban biasanya dikenakan pada balok dalam bentuk gaya. Apabila suatu beban bekerja pada area yang sangat kecil atau terkonsentrasi (bekerja pada satu titik), maka disebut sebagai beban terpusat, yang merupakan gaya tunggal. Balok merupakan elemen struktur yang mengalami beban lateral, yaitu gaya-gaya atau momen bekerja dalam arah tegak lurus sumbu batang. Jika semua beban bekerja di bidang yang sama, dan jika semua defleksi (yang ditunjukkan dengan garis putus-putus) terjadi di bidang tersebut, maka bidang tersebut disebut bidang lentur.

(Mulyati, 2012)

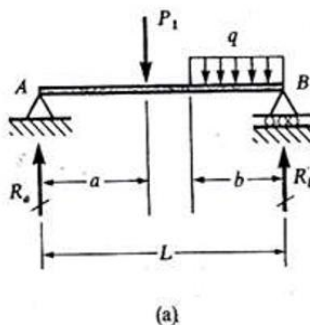
Dalam hal analisa, pelapis lantai kereta dimisalkan sebagai balok atau beam yang menerima beban tertentu. Balok (beam) adalah suatu batang struktural yang didesain untuk menahan gaya-gaya yang bekerja dalam arah transversal terhadap sumbunya. Jadi, berdasarkan pada arah bekerjanya beban yang diberikan, maka balok berbeda dari batang yang mengalami tarik dan batang yang mengalami puntiran. Pada batang yang mengalami tarik, maka bebannya diarahkan sepanjang sumbunya, dan pada batang yang mengalami puntiran maka vektor momen putarannya mengarah sepanjang sumbu batang. Sebaliknya, beban-beban pada sebuah balok diarahkan tegak lurus terhadap sumbunya. Berikut merupakan free body diagram dari pelapis lantai kereta yang menerima beban.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



Gambar 2.6 free body diagram balok yang menerima beban yang distribusi secara merata

(Mulyati, 2012)



Gambar 2.7 free body diagram balok yang menerima beban terpusat

(susetyo, 2016)



Kekuatan tekan dan kekuatan tarik sebenarnya hampir sama, sehingga fungsinya pun hampir sama. Pada beberapa bahan uji yang dibuat panjang, dia akan melengkung jika diuji menggunakan pengujian tekan. Namun pengujian tekan ini masih diperlukan karena ada beberapa bahan yang memiliki perbedaan sehingga bahan tersebut berbeda pula sifat bahan dalam menerima pengujian tekan. Umumnya, pengujian tekan ini dilakukan pada material yang bersifat getas, karena bahan uji yang demikian memiliki titik hancur yang terlihat jelas saat dilakukan pengujian tekan. Terdapat fenomena *barelling* dan *buckling* pada saat pengujian tekan. *Barelling* adalah salah satu fenomena yang terjadi pada uji tekan dimana terjadi perubahan bentuk dimensi karena gesekan antara penekan dan benda kerja. Gesekan antara spesimen dan yang menghambat permukaan atas dan bawah spesimen bereaksi secara bebas, ini bisa menyebabkan timbulnya fenomena *Barelling*. Sedangkan, *Buckling* Adalah terjadinya pembengkokan pada material setelah diberi beban tekan.

(Qolik, 1991 : 1)

2.4 Beton

Beton didefinisikan sebagai sebuah bahan komposit dengan penyusun utamanya berupa partikel atau fragmen berbentuk agregat yang saling mengikat dan melekat (ASTM C 12506). Parameter yang paling mempengaruhi kekuatan beton adalah: kualitas semen, proporsi semen terhadap campuran, kekuatan dan kebersihan agregat, interaksi atau adhesi antar pasta semen dengan agregat, pencampuran yang cukup dari bahan-bahan pembentuk beton (Nawy, 1985).

Beton adalah suatu material yang terdiri dari campuran semen, air, agregat (kasar dan halus) dan dengan atau bahan tambah (admixture) apabila diperlukan. Semen dan air membentuk pasta semen yang berfungsi sebagai bahan pengikat, agregat kasar dan halus berfungsi sebagai bahan pengisi dan penguat. Variasi ukuran agregat dalam suatu campuran harus mempunyai gradasi



yang baik sesuai dengan standar analisa saringan dari ASTM (America Society of Testing Materials). Bahan – bahan dipilih yang sesuai dengan kebutuhan yang direncanakan. Pemilihan bahan ini sendiri akan mempengaruhi konstruksi dari segi kemudahan pengerjaan (workability), karena dari segi kemudahan pengerjaan ini sendiri terdapat banyak variasi yang memenuhi yaitu dari segi kualitas, harga dan mutu beton itu sendiri. Beton merupakan contoh komposit semen yang banyak diaplikasikan dalam kehidupan sehari – hari.

2.5 Polymer Concrete (PC)

Beton polimer (polymer concrete) adalah material komposit di mana agregat disatukan bersama dalam matriks polimer. Maka dari itu, komposit jenis ini tidak mengandung fasa semen. Pada PC resin thermoset biasanya digunakan karena stabilitas thermal yang baik. Beberapa polimer thermoplastik juga digunakan. Resin epoxy paling sering digunakan pada komposit jenis ini karena kekuatan adhesi yang tinggi, penyusutan yang rendah, ketahanan fatigue dan creep yang baik, dan penyerapan air yang rendah. Agregat yang digunakan untuk pembuatan beton polimer bisa berupa limestone, granit, quartz, silika dan lain-lain. Agregat harus kering dan bebas dari debu karena dapat mengakibatkan penurunan kekuatan adhesi dari komposit. Properties beton polimer sangat bergantung pada waktu dan temperatur di mana beton tersebut terekspos, serta komposisi dan jenis filler yang digunakan dalam pembuatan komposit. Kekuatan kompresi dari PC biasanya sekitar dua atau tiga kali lebih kuat dibandingkan dengan beton yang menggunakan semen Portland. Hal ini membuktikan bahwa material polimer cocok digunakan untuk aplikasi dari beton precast.

Kekuatan dari beton polimer naik dengan penambahan komposisi polimer. Namun beton polimer menunjukkan ketahanan yang buruk terhadap asam. Lebih lanjut, durability yang baik dan juga ketahanan abrasi yang baik menjadikan beton polimer sebagai

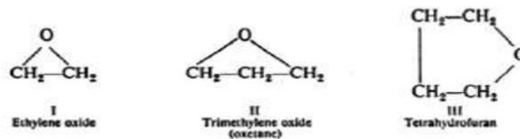


produk yang berkualitas. Beton polimer juga memiliki sifat permeabilitas yang rendah terhadap cairan dan gas (tidak seperti beton semen Portland yang memiliki porositas yang tinggi) serta ketahanan korosi yang baik yang memungkinkan beton polimer digunakan sebagai pembuangan yang baik untuk limbah asam dan beracun untuk jangka waktu yang lama.

Beton polimer juga sering digunakan sebagai pengganti dari material besi cor dan baja untuk pembuat peralatan mesin biasanya pada machine tool bed. Keuntungan dari penggunaan beton polimer untuk aplikasi ini adalah manufaktur yang mudah, rasio strength-to-weight yang tinggi, ketahanan korosi yang baik, konduktivitas thermal yang rendah, dan yang paling penting adalah peredam vibrasi yang baik. (Frigione, 2010)

2.6 Resin Epoxy

Resin epoksi merupakan suatu produk yang dihasilkan oleh reaksi bahan dasar dan pengeras atau, serta bahan pengisi, dapat dipergunakan sebagai material isolasi peralatan listrik. Resin epoksi merupakan polimer yang mengandung atom oksigen dengan atom carbon sehingga terbentuk ethylene oxide (I), trimethylene oxide (II), dan tetrahydrofuran (III), seperti pada gambar 2.4.



Gambar 2.8 Struktur molekul dasar resin epoksi (Johanadib Heri, 2012)

Bahan dasar resin epoksi yang sering banyak digunakan adalah bisphenol A, dan bahan ini mudah didapatkan di tokotoko bahan kimia. Bisphenol A adalah bahan isolasi polimer sebagai bahan dasar epoksi resin yang dihasilkan dari reaksi phenol dan acetone. Resin epoxy merupakan tipe khusus polieter yang



dipreparasi melalui reaksi polimerisasi tahap antara epoksida dan senyawa dihidroksida, biasanya bisfenol. Suatu diepoksida mungkin diperlukan untuk membentuk polimer. Resin epoksi merupakan salah satu polimer jenis thermoset. (Johanadib Heri, 2012)

Polimer thermosetting adalah polimer yang memiliki struktur molekul berupa jaringan. Polimer ini menjadi keras secara permanen selama pembentukannya dan tidak melunak saat pemanasan. Struktur polimer berupa jaringan memiliki ikatan silang kovalen antara rantai molekul yang berdekatan. Selama perlakuan panas, ikatan ini mengikat rantai bersama-sama untuk menahan gerakan rantai vibrasi dan rotasi pada temperatur tinggi. Dengan demikian, bahan ini tidak melunak ketika dipanaskan. Pemanasan dilakukan hanya untuk temperatur yang berlebihan akan menyebabkan pemutusan ikatan silang ini dan degradasi polimer. Polimer thermoset umumnya lebih keras dan lebih kuat dari termoplastik dan memiliki stabilitas dimensi yang lebih baik. Sebagian besar polimer crosslinked dan yang memiliki struktur molekul berupa jaringan meliputi karet yang divulkanisir, epoksi, dan fenolik dan beberapa resin poliester, adalah thermosetting. (Callister, 2009)

2.7 Pengaruh Bentuk dan Ukuran Agregat

Agregat memiliki bentuk butir dari bulat (rounded) sampai bersudut (angular). Bentuk butir agregat dapat mempengaruhi workabilitas campuran beton selama pencampuran yaitu dalam hal energi pemadatan yang dibutuhkan untuk memadatkan campuran, dan kekuatan struktur beton selama umur pelayanannya. Kekuatan beton salah satunya dipengaruhi oleh interaksi atau adhesi antar pasta semen dengan agregat dalam hal ini adalah ikatan antara agregat dengan mortar. Bentuk partikel agregat yang bersudut memberikan ikatan antar agregat (aggregate interlocking) yang baik yang dapat menahan perpindahan atau displasemen agregat yang mungkin terjadi. Agregat yang bersudut tajam, berbentuk



kubikal dan agregat yang memiliki lebih dari satu bidang pecah akan menghasilkan ikatan antar agregat yang paling baik. (Martin Hutagalung, 2013)

Pada dasarnya agregat kasar yang bergradasi baik sekalipun dirasakan tidak dapat menunjang diperolehnya kekuatan beton yang lebih besar. Agregat yang lebih kecil dijadikan alternatif penambahan kekuatan beton membentuk beton berkinerja tinggi Beton dengan kinerja yang tinggi adalah dengan pembuatan beton ekstra padat yang menggunakan pengisi berupa partikel yang berukuran mikro. Gradasi agregat pun memegang peranan penting untuk menentukan campuran agregat yang memenuhi standar spesifikasi. Apabila agregat mempunyai ukuran butiran yang lebih halus dan dengan ukuran yang bervariasi, maka volume pori beton menjadi kecil. Hal ini disebabkan butiran yang lebih kecil akan mengisi pori antara butiran yang lebih besar, sehingga pori-porinya menjadi sedikit dan beton memiliki kemampuan yang tinggi. (Agus Purwati 2014)

2.8 Teori Pencampuran (Rule of Mixture)

Salah satu contoh komposit berpenguat partikel beton, yang tersusun dari semen (matriks) dan pasir dan kerikil (partikulat). Partikel dapat memiliki berbagai macam geometri baik beraturan maupun tidak beraturan, tetapi dimensi tersebut harus memiliki dimensi yang hampir sama di semua arah (equiaxed). Untuk penguatan yang efektif, partikel harus kecil dan merata di seluruh matriks. Selanjutnya, fraksi volume dari dua fase mempengaruhi perilaku, sifat mekanik ditingkatkan dengan meningkatnya konten partikulat. Dua ekspresi matematika telah diformulasikan untuk ketergantungan modulus elastis pada fraksi volume fase konstituen untuk komposit dua fase yang disebut dengan teori Kombinasi-campuran atau rule of mixture. Adapun teori dan rumus ini digunakan untuk memprediksikan sifat fisik dan sifat mekanik suatu material. (Callister, 2014)

Densitas teoritis

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



$$\rho_{th} = \rho_{matriks} \cdot V_{matriks} + \rho_{filler} \cdot V_{filler} \dots\dots\dots (2.1)$$

keterangan :

ρ_{th} : densitas teoritis (gram/cm³)

$\rho_{matriks}$: densitas matriks (gram/cm³)

ρ_{filler} : densitas filler (gram/cm³)

$V_{matriks}$: fraksi massa matriks (gram)

V_{filler} : fraksi massa filler (gram)

(Chasby Assidiq, 2014)

2.9 Kuat Tekan

Kuat tekan merupakan salah satu sifat mekanis beton. Adapun pengertian kuat tekan adalah kemampuan beton menerima gaya tekan persatuan luas. Nilai kuat tekan diperoleh dari benda uji berukuran 5x5x5 cm.

$$P = \frac{f_c}{A} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana:

P = kuat tekan (MPa)

f_c = beban tekan (N)

A = luas penampang (mm²)

(Febri Satrio, 2017)

2.10 Kuat Lentur

Kuat lentur merupakan salah satu sifat mekanis beton. Kuat lentur beton adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan padanya, sampai benda uji patah dan dinyatakan dalam MPa gaya tiap satuan luas. Hitungan kuat lentur dengan beban tiga titik, berdasar pada SNI 03-4431-1997.

σ

$$\sigma = \frac{3PL}{2bd^2} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana:

σ = Kuat Lentur (MPa)



P = Beban Maksimum (N)
L = Panjang bentang (mm)
b = Lebar benda uji (mm)
d = Tinggi benda uji (mm)

(Sambowo, 2014)

2.11 Penelitian Sebelumnya

Ilmuwan di dunia telah mengembangkan solusi dan metode pembuatan beton dengan cara yang efektif, efisien, dan biaya yang murah. Para ilmuwan telah menemukan tipe baru dari engineering yang menggabungkan sustainable engineering dan green engineering. Tujuannya adalah untuk mengurangi dampak lingkungan yang buruk dari plastik dan di samping itu juga memaksimalkan keuntungan yang memberikan dampak positif terhadap ekonomi, sosial, dan lingkungan. 2bd²

Tabel 2.6 Penelitian serupa yang sudah ada

No.	Peneliti	Penelitian	Capaian
1	Negara Indonesia	Pembuatan material kontruksi berupa paving block	Paving blok dengan kuat tekan 15,68 MPa sesuai dengan kategori paving block tipe C untuk aplikasi pejalan kaki (Pratama, 2018).
2	Materials Engineering Department Universitas Basrah, Iraq	Pemanfaatan plastik sebagai campuran untuk beton.	penambahan plastik dapat meningkatkan kekuatan tarik, ketahanan terhadap bahan kimia, drying shrinkage dan pemuluran dalam jangka waktu yang panjang. Massa jenis dan kekuatan kompresi dari beton juga mengalami kenaikan sampai pada fraksi massa 50% dari massa pasir (Jassim, 2017).

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



3	Agus Purwati	Pengaruh Ukuran dan Bentuk Agregat Terhadap Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton pada tahun 2014	Hasil kuat tekan beton dengan ukuran butiran yang lebih besar mempunyai nilai kuat tekan yang lebih rendah dibandingkan beton dengan ukuran butiran kecil. Beton lolos saringan 19 mm memiliki kuat tekan terkecil sebesar 42,66 MPa dan modulus elastisitas 16366,887 MPa, dan beton lolos saringan 0,85 mm memiliki kuat tekan terbesar sebesar 84,7 MPa dan modulus elastisitas 24870,674 MPa. Gradasi agregat yang baik dan ukuran agregat yang kecil akan mampu menghasilkan kepadatan (density) yang maksimum dan porositas yang minimum. Hal ini berkontribusi dalam menghasilkan kuat tekan beton yang lebih tinggi.
4	Martin Hutagalung.	pada tahun 2013 melakukan penelitian tentang Pengaruh Bentuk dan Konfigurasi agregat terhadap kuat tekan mortar dan	agregat yang berbentuk kubikal yang searah gaya memberikan nilai kuat tekan terbesar. Sebaliknya agregat berbentuk kubikal yang menyerong arah gaya memberikan nilai kuat tekan terkecil. Sedangkan agregat yang berbentuk pipih dengan



		memvalidasi hubungannya terhadap pola retak beton dari tegangan yang didapatkan saat pengujian dan divalidasi dengan menggunakan SAP 2000	posisi berdiri memberikan nilai kuat tekan lebih kecil dibandingkan agregat pipih dengan posisi tidur.
5	Arifah Hidayah Pulungan	Pembuatan dan karakterisasi beton polimer dengan menggunakan campuran batu apung dan agregat pasir serta tepung ketan dengan perekat poliester.	Berdasarkan porositas, beton yang dihasilkan sesuai dengan standard SNI 03-0691-1996 (porositas $\leq 10\%$). Dan Perbandingan optimum untuk beton polimer yakni pada komposisi pasir, batu apung dan tepung ketan 60:30:10 dengan nilai sebagai berikut : Daya serap air 1,47%, porositas 2%, kekuatan lentur 5,8 MPa, kekuatan impak 1 kJ/m ² .
6	Sigit Tri W, Hosta A, Amaliya R.	Studi tentang sifat mekanik dan fisik bahan komposit dengan pemanfaatan PET daur ulang sebagai filler untuk aplikasi paving block	Hasil penelitian menunjukkan bahwa sifat mekanik (lentur dan kompresif) bahan komposit meningkat secara signifikan dengan meningkatkan pengisi PET hingga 20%, namun menurun ketika kandungan PET lebih dari

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



			20%. Namun, baik kepadatan dan absobansi air spesimen berkurang dengan meningkatnya pengisi PET.
7	Tri Wahyuni dan Novi Rahayu	Laporan Kerja Praktek yang menganalisa Pengaruh Agregat Terhadap Sifat Mekanik Lantai Kereta Api Menggunakan Material Agregat Puskim, Tuban, dan Campuran Puskim-Tuban Dengan Sistem <i>Unitex</i>	Berdasarkan hasil pengujian beton polimer dengan matriks polimer jenis epoksi, agregat berbentuk pipih bersudut (angular) memiliki kekuatan tekan lebih besar daripada agregat yang berbentuk bulat (rounded). Adapun agregat angular memiliki kekuatan tekan dan kekuatan lentur berturut – turut sebesar 16,7 MPa dan 143,33 MPa, sedangkan agregat yang berbentuk bulat memiliki kekuatan tekan dan kekuatan lentur berturut – turut sebesar 8,41 MPa dan 80,27 MPa

Melalui referensi penelitian-penelitian sebelumnya, riset ini diharapkan dapat memberikan solusi untuk peningkatan performa dari material cork concrete sebagai aplikasi pelapis lantai kereta api dengan matriks berupa polimer jenis epoksi dan agregat kasar sebagai penguat. Diharapkan melalui riset ini didapatkan solusi yang mudah, efektif, dan efisien untuk acuan dalam pertimbangan proses dan pengolahan data pengujian baik secara mekanik maupun fisik. Adapun penelitian tersebut digunakan sebagai acuan dengan pendekatan berdasarkan material yang digunakan. Penelitian ini juga dapat dijadikan referensi yang baik



untuk perkembangan industri yang dapat memberikan dampak kemajuan teknologi, sosial dan ekonomi yang positif.

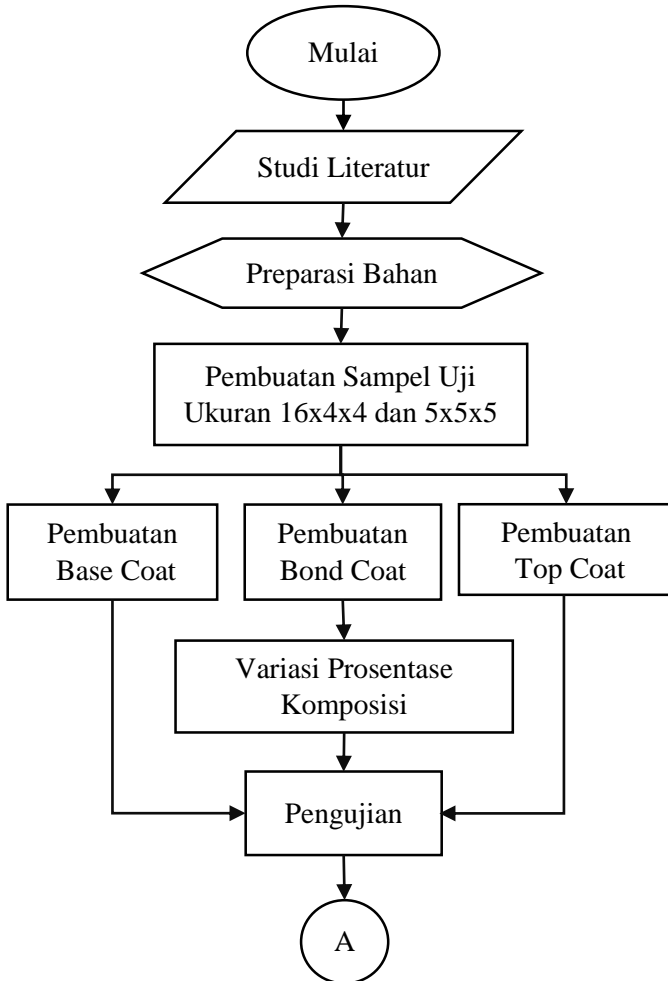
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

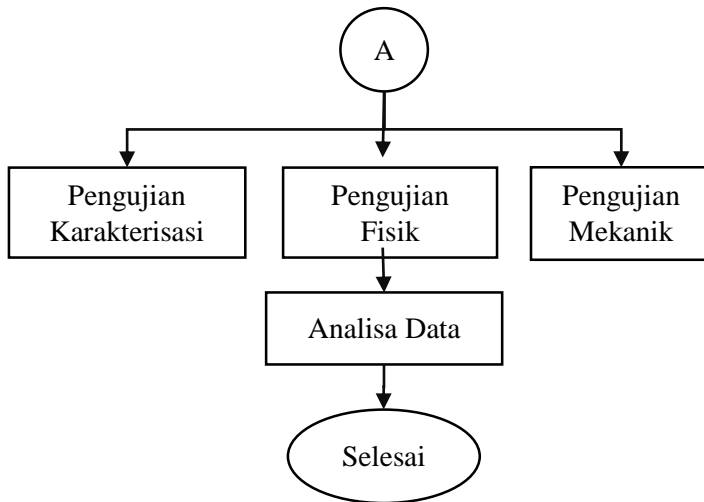
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir

Alur penelitian tugas akhir dapat dilihat seperti pada gambar diagram alir 3.1





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Standar Pengujian

Standar pengujian merupakan acuan yang digunakan selama melakukan pengujian. Standar pengujian mengacu pada dokumen tertentu yang sudah ditetapkan. Berikut merupakan jenis pengujian yang dilakukan dan standar pengujiannya.

Tabel 3.1 Jenis pengujian dan standar pengujiannya

No.	Jenis pengujian	Standar pengujian	Lokasi pengujian
1	Pengujian Kuat Tekan	SNI 03-0691-1996	Laboratorium Beton Kampus vokasi Teknik Infrastruktur Sipil, Manyar
2	Pengujian Bending	ASTM D790	Laboratorium Beton Kampus vokasi Teknik Infrastruktur Sipil, Manyar



Laporan Tugas Akhir
Departemen Teknik Material FTI-ITS

3	Pengujian densitas	ASTM C 134-95	Laboratorium Inovasi Material Departemen Teknik Material
4	Pengujian Water Absorb	ASTM D570	Laboratorium Inovasi Material Departemen Teknik Material
5	Pengujian Kadar Rongga	Dihitung dari densitas	Laboratorium Inovasi Material Departemen Teknik Material
6	Pengujian Morfologi (MS)		Laboratorium Metalurgi Departemen Teknik Material
7	Pengujian Karakterisasi (FTIR)	ASTM E1252	Laboratorium Karakterisasi Material Departemen Teknik Material

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1 Bahan Penelitian

Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah:

1. Resin Epoksi

Resin yang digunakan untuk pembuatan base coat dan bond coat adalah resin epoksi.



Gambar 3.2 Resin epoksi



2. Lateks

Lateks digunakan sebagai adesif dan cairan pengikat agregat pada lapisan bond coat.



Gambar 3.3 Lateks

3. Agregat

Agregat yang digunakan berupa batuan dengan ukuran diameter 2,8 – 3,4 mm. Agregat berfungsi sebagai filler pada bond coat. Terdapat dua jenis agregat yang digunakan yaitu agregat tuban, agregat yang berasal dari Tuban Jawa Timur dan agregat Puskim agregat yang berasal dari cilacap.



Gambar 3. 4 agregat yang digunakan berturut-turut dari kiri Agregat A(agregat Tuban) dan Agregat B (agregat Puskim)

4. Hardener

Hardener digunakan pada bond coat dengan presentase kecil karena Hardener material tambahan penguat yang sifatnya tambahan sehingga hanya digunakan dalam jumlah kecil.



Gambar 3.5 Hardener

5. Semen

Semen yang digunakan yaitu semen jenis portland merk Semen Gresik yang disuplai oleh PT. Semen Gresik.

3.3.2 Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

1. Mixer

Mixer yang digunakan untuk mencampurkan semua bahan komposit merupakan milik perusahaan.

2. Neraca Digital

Neraca digital merk Metler Toledo digunakan untuk menimbang massa polikarbonat, Cu serta material komposit serta digunakan dalam proses pengukuran densitas material komposit. Spesifikasi alat yaitu kapasitas maksimum 220g, ketelitian 0,0001 g, berat alat 4,6 kg, dimensi weighing pan Ø 90 mm, dan maksimum tinggi benda 237 mm



Gambar 3.6 Neraca Digital

3. Mikroskop Stereo

Mikroskop Stereo tipe CARL ZEISS Stemi DV4 yang digunakan milik laboratorium Metalurgi di Departemen Material FTI ITS, yang dapat dilihat pada gambar berikut



Gambar 3.7 Mikroskop Stereo

4. Mesin Uji FTIR

Mesin FTIR yang digunakan milik laboratorium Karakterisasi Material di Departemen Teknik Material ITS, yang dapat dilihat pada gambar 3.14



Gambar 3.8 Mesin FTIR

5. Mesin Uji Kompresi

Gambar 3.8 adalah Mesin uji kompresi yang digunakan milik Laboratorium Beton Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi.



Gambar 3.9 Mesin Uji Kompresi

6. Mesin Uji Bending

Gambar 3.10 adalah Mesin uji bending yang digunakan milik Laboratorium Beton Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi.



Gambar 3.10 Mesin Uji Bending

7. Oven

Gambar 3.11 adalah oven yang digunakan untuk mengeringkan spesimen uji *absorbability* yang telah direndam air selama 24 jam.



Gambar 3.11 Oven

3.4 Variabel Penelitian

Tabel 3.2 Daftar variabel pengujian

No.	Agregat	Pengujian						
		MS	FTIR	K.Lentur	K.Tekan	WA	P	ρ
1	15% A- 85% B	V	V	V	V	V	V	V
2	30% A- 70% B	V		V	V	V	V	V
3	45% A- 55% B	V		V	V	V	V	V

BAB III METODOLOGI PENELITIAN



4	60% A- 40%B	V		V	V	V	V	V
5	75% A- 25%B	V		V	V	V	V	V

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Persiapan Bahan

Pelaksanaan penelitian memerlukan persiapan bahan yang baik dan benar. Persiapan bahan dapat memengaruhi analisis pada produk dimana persiapan yang baik akan menghasilkan spesimen sesuai dengan yang diinginkan.

3.5.2 Pengerjaan Floor Construction

3.5.2.2 Pengerjaan Bond Coat

Pengerjaan bond coat ini dilakukan berdasarkan alur yang ditunjukkan pada Gambar 3.20 dibawah ini



Gambar 3.12 Diagram alir pengerjaan bond coat lantai kereta api



campuran sebagai dasaran

Resin (comp. A) = Macroplast UK 8103

Hard (comp. B) = Macroplast UK 5400

Tahapan pengerjaan Bond Coat :

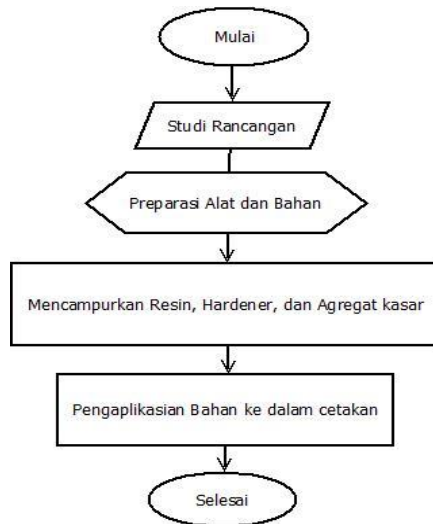
- Semua permukaan cetakan tertutup Bond Coat.
- Pot life 40 - 70 minute (pada temp. 20°C)
- Mixing ratio antara resin:hardener adalah 4 : 1 (by weight) dan 3,5 : 1 (by volume) aduk dengan menggunakan molen / mixer sampai rata kira-kira 30-60 detik.
- Mengaplikasikan segera setelah larutan bond coat jadi, dengan cara oleskan bond coat pada permukaan lantai dengan menggunakan kuas. (terutama pada sudut - sudut sempit di rel)
- Pot life 40 - 70 menit, setelah pot life habis campuran tidak boleh digunakan dan harus dibuang.
- Delay time, minimal 24 jam (layer masih empuk tetapi tidak lengket di tangan) dan maksimal 3 hari Base Coat Unitex harus sudah diaplikasikan.

3.5.3.3 Pengerjaan Base Coat (Layer I)

Pengerjaan base coat ini dilakukan berdasarkan alur yang ditunjukkan pada Gambar 3.21 dibawah ini



Laporan Tugas Akhir
Departemen Teknik Material FTI-ITS



Gambar 3.13 Diagram alir pengerjaan base coat lantai kereta api

Resin (comp. A) = Macroplast UK 8103

Hard (comp. B) = Macroplast UK 5400

Mixing ratio:

Resin : Hardener : Agregat Large

4 : 1 : 25

Acceptance Criteria :

- Mixing ratio :

Resin : Hardener

4 : 1 (by weight)

3,5 : 1 (by volume)

- Agregat large Ø 2,4 - 4,8 mm

- Pot life 40 menit

- Dry time 4 jam

- Mixing ratio :

Resin : Hardener : Agregat Large

4 : 1 : 25

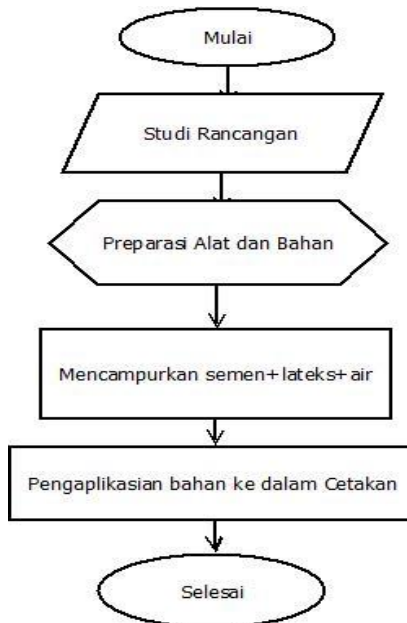


Tahapan pengerjaan base coat (layer I)

- Menyiapkan terlebih dulu campuran Base Coat I dengan komposisi perbandingan sesuai mixing ratio disamping.
- Mencampurkan Resin dan Hardener, terpisah dari mixer, aduk selama $\pm 30 - 60$ detik.
- Memasukkan aggregate large / kasar $\varnothing 2,4 - 4,8$ mm ke dalam mixer.
- Menuangkan campuran resin dan hardener ke dalam mixer dan aduk hingga rata / homogen.
- Menuangkan dan meratakan selevel dengan plat tepi kiri dan kanan menggunakan tapping plate.

4.3.4 Pengerjaan Top Coat

Pengerjaan top coat ini dilakukan berdasarkan alur yang ditunjukkan pada Gambar 4.4 dibawah ini



Gambar 3.14 Diagram alir pengerjaan top coat rantai kereta api

Resin (comp. A) = Macroplast UK 8103

Hard (comp. B) = Macroplast UK 5400

Acceptance Criteria :

Mixing ratio :

Latex + air

30ltr + 50 ltr = 80 ltr

→ 30 ltr (latex + air) + 50 kg semen + 100 kg agregat small
Agregate small Ø 1,2 - 2,4 mm

Tahapan pengerjaan top coat :

- Top coat dilakukan setelah unitex kasar agak mengering
- Siapkan agregat small, resin dan hardener untuk campuran Top Coat



- Langkah pencampurannya sama dengan pencampuran pada agregat kasar dalam pengadukan Top Coat harus benar – benar bagus karena dalam pengadukan yang kurang bagus akan berpengaruh pada hasil pengaplikasian pada lantai

3.6 Proses pengujian material komposit lantai kereta

3.6.1 Bahan yang Digunakan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Spesimen Agregat A-B 5x5x5 cm dan 16x4x4 cm masing-masing 3 buah
2. Aquades 3 liter

3.6.2 Alat yang Digunakan

1. Benang 1 roll
2. Oven
3. Baskom besar
4. Neraca digital
5. Plastik
6. Spidol
7. Alat uji bending
8. Alat uji kuat tekan

3.6.3 Langkah Kerja

Dalam mengerjakan penelitian ini sesuai dengan langkah kerja sebagai berikut:

a. Pengujian Water Absorbtion

1. Merendam material ke dalam bak berisi aquades hingga tercelup seluruh permukaan selama 24 jam.
2. Meniriskan material hasil pencelupan.
3. Menimbang massa material setelah ditiriskan.
4. Mengoven material selama 24 jam dengan temperatur 50° C.
5. Menimbang massa material setelah di oven.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN



6. Mencatat hasil pengujian.

b. Pengujian Densitas

1. Menyiapkan akuades ke dalam gelas kimia ukuran 1 liter.
2. Menimbang massa material sebelum dicelupkan ke dalam gelas kimia berisi aquades.
3. Meletakkan gelas kimia ke dalam neraca digital dan mengatur neraca digital agar posisi gelas menunjukkan angka 0.
4. Mencelupkan material ke dalam gelas kimia sambil melihat massanya (posisi benda tidak boleh menyentuh gelas dari sisi manapun, serta harus tercelup semuanya).
5. Mencatat massa yang tercelup.

c. Pengujian porositas

Dihitung dari nilai densitas dan water absorb.

d. Pengujian kuat lentur

1. Menyiapkan spesimen untuk uji bending (berukuran 16x4x4 cm).
2. Mengatur alat uji bending.
3. Melihat hasil yang tertera pada alat pengujian kemudian mencatatnya.

e. Uji kuat tekan

1. Menyiapkan spesimen untuk uji kuat tekan (5x5x5 cm).
2. Mengatur alat uji kuat tekan.
3. Melihat hasil yang tertera pada alat pengujian kemudian mencatatnya.

3.7 Desain Penelitian

3.7.1 Perhitungan *Rule of Mixture* (ROM)

3.7.1.1 Perhitungan Massa Komposit Untuk Pengujian Fisik

Diketahui ukuran spesimen Pengujian fisik:

Panjang (p) = 50 mm



Lebar (l) = 50 mm
 Tebal (t) = 50 mm
 Tebal top coat = 12,5 mm
 Tebal bond coat = 37,5 mm
 Menghitung volume :

$$\text{Volume} = p \times l \times t$$

Tabel 3.3 Perhitungan Volume Spesimen Uji Pengujian Fisik

volume total	125	cm ³
Volume top coat	31,25	cm ³
Volume bond coat	93,75	cm ³
ρ epoxy	1,3	g/ cm ³
ρ hardener	0,97	g/ cm ³
ρ lateks	0,97	g/ cm ³
ρ semen	1,25	g/ cm ³
ρ agregat A	2	g/ cm ³
ρ agregat B	1,39	g/ cm ³

Tabel 3.4 Perhitungan Massa Spesimen Uji Fisik tiap komposisi agregat A (dalam gr)

	Semen	Agregat Halus	Agregat Kasar A	Agregat Kasar B	L	H	R	A
15% A	10,19	19,02	23,44	92,30	3,97	3,03	16,25	0,22
30% A	10,19	19,02	46,87	76,01	3,97	3,03	16,25	0,22
45% A	10,19	19,02	70,31	59,73	3,97	3,03	16,25	0,22
60% A	10,19	19,02	93,75	43,44	3,97	3,03	16,25	0,22
75% A	10,19	19,02	117,18	27,15	3,97	3,03	16,25	0,22

BAB III METODOLOGI PENELITIAN



3.7.1.2 Perhitungan Massa Komposit Untuk Pengujian Mekanik

Diketahui ukuran spesimen Pengujian mekanik:

Panjang (p) = 160 mm

Lebar (l) = 40 mm

Tebal (t) = 40 mm

Tebal top coat = 12,5 mm

Tebal bond coat = 27,5 mm

Menghitung volume :

$$\text{Volume} = p \times l \times t$$

Tabel 3.5 Perhitungan Volume Spesimen Uji Mekanik

volume total	256	cm ³
Volume top coat	31,25	cm ³
Volume bond coat	176	cm ³
ρ epoxy	1,3	g/ cm ³
ρ hardener	0,97	g/ cm ³
ρ lateks	0,97	g/ cm ³
ρ semen	1,25	g/ cm ³
ρ agregat A	2	g/ cm ³
ρ agregat B	1,39	g/ cm ³



Tabel 3.6 Perhitungan Massa Spesimen Uji Bending tiap komposisi agregat A (dalam gr)

	Semen	Agregat Halus	Agregat Kasar A	Agregat Kasar B	L	H	R	A
15% A	10,19	19,02	44	173,29	3,97	5,69	30,51	0,22
30% A	10,19	19,02	88	142,71	3,97	5,69	30,51	0,22
45% A	10,19	19,02	132	112,13	3,97	5,69	30,51	0,22
60% A	10,19	19,02	176	81,55	3,97	5,69	30,51	0,22
75% A	10,19	19,02	220	50,97	3,97	5,69	30,51	0,22

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Proses Pembuatan

Proses pembuatan komposit semen pelapis lantai kereta (cork concrete) dilakukan dengan menggunakan metode *casting*. Komposit dibentuk menjadi spesimen kubus 5x5x5 cm dan balok 16x4x4 cm. Adapun cetakan spesimen terbuat dari material hard vinyl berbentuk plat yang dipotong sesuai ukuran spesimen. Campuran resin dan hardener dengan perbandingan berturut – turut 4:1 matriks, dan agregat kasar yang berdiameter 2,4 - 4,8 mm bertindak sebagai penguat. Dalam hal ini, cork concrete memiliki filler berupa agregat kasar dan polimer bertindak sebagai matriks. Adapun agregat yang digunakan yaitu dua jenis. Secara fisik agregat A yaitu agregat Tuban berwarna kemerahan, dan lebih pipih daripada agregat B, sedangkan agregat B yaitu agregat Puskim berwarna hitam dan berukuran lebih besar dari agregat A. Liquid resin epoxy berwarna putih dan liquid hardener berwarna kuning kecoklatan. Selanjutnya dilakukan penimbangan dan pencampuran material agregat A dan agregat B dengan beberapa variasi yakni 15%A-85%B, 30%A-70%B, 45%A-55%B, 60%A-40%B, dan 75%A-25%B. Dan setiap variasi terdapat 3 sampel.

Proses selanjutnya yang dilakukan adalah melakukan pencampuran liquid resin dan hardener terpisah dari mixer, aduk selama kurang lebih 30 – 60 detik. Kemudian memasukkan agregat kasar ke dalam mixer dan menuangkan campuran resin dan hardener, lalu mengaduknya hingga merata. Campuran agregat dan resin dituangkan ke dalam cetakan hingga setinggi 25 mm. Lapisan ini merupakan Base coat dan harus didiamkan selama 4 jam hingga mengering. Untuk lapisan Top coat setebal 12,5 mm dilakukan setelah base coat benar – benar kering. Adapun Top coat terbuat dari pencampuran agregat halus (berdiameter 1,2 – 2,4 mm) dan semen, dengan lateks dan air. Setelah spesimen dibuat, untuk mendapatkan pengujian mekanik yang maksimal, maka harus menunggu sampai umur beton 28 hari untuk mencapai sifat



spesimen yang kering secara homogen. Setelah kering selama 3 hari, sampel dapat dikeluarkan dari cetakan. Setelah itu material dibiarkan hingga 28 hari lalu material dilakukan beberapa pengujian untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik antara lain adalah uji FTIR, Mikroskop Optik, Densitas, uji tekan dan kekerasan seperti pada **Gambar 4.1**. Water absorbtiontiontiontiontion, Porositas, Kuat Tekan dan Kuat Lentur.



Gambar 4.1 Produk hasil manufaktur ukuran 16x4x4 cm dan 5x5x5 cm

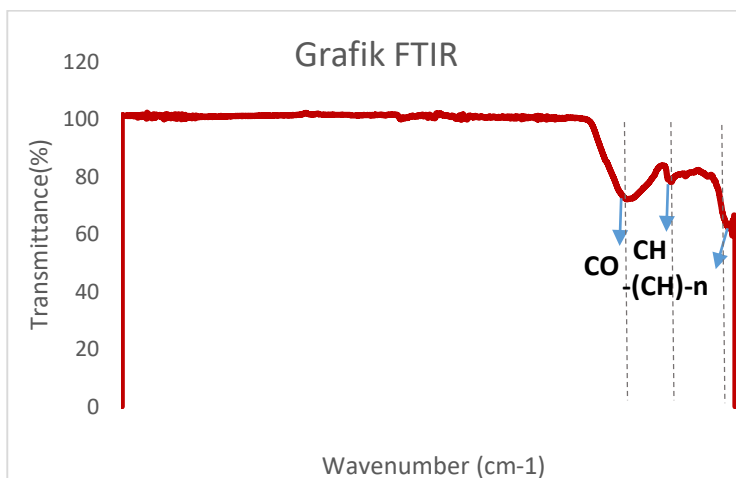
Dari analisa proses diketahui bahwa apabila diamati secara visual, produk yang memiliki dominan agregat berwarna kemerahan secara fisik terdapat pada spesimen dengan komposisi agregat A lebih banyak sehingga menjadi pertimbangan dan beberapa parameter yang nanti akan di bahas pada sub bab selanjutnya.

4.2 Analisa Hasil Uji FTIR

Dari pengujian FTIR yang dilakukan pada raw material dan pada material komposit didapatkan bentuk mengetahui gugus



fungsi dan ikatan polimer yang terbentuk. Beberapa data yang di dapatkan antara lain ditunjukkan pada **Gambar 4.2**



Gambar 4.2 Analisis FTIR terhadap sampel Komposit *Cork Concrete*

Untuk mengetahui senyawa yang ada pada hasil pengujian FTIR dilakukan dengan cara menganalisa daerah serapan yang terjadi pada panjang gelombang tertentu. Adapun daerah serapan yang dipilih yaitu berdasarkan approximate dari indeks panjang gelombang yang ada. Selanjutnya untuk list daerah serapan dari epoxy akan dituliskan pada **Tabel 4.1**

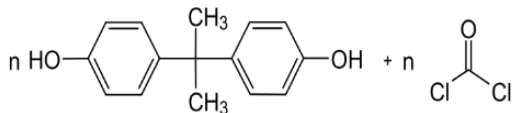
Tabel 4.1 Daerah Serapan epoksi (Susila K, 2002)

No	Daerah Serapan (cm ⁻¹)	Ikatan dan Jenis gugus fungsi
1	1035,19	CO eter -COC-
2	776,29	CH Aromatik CH Alkena



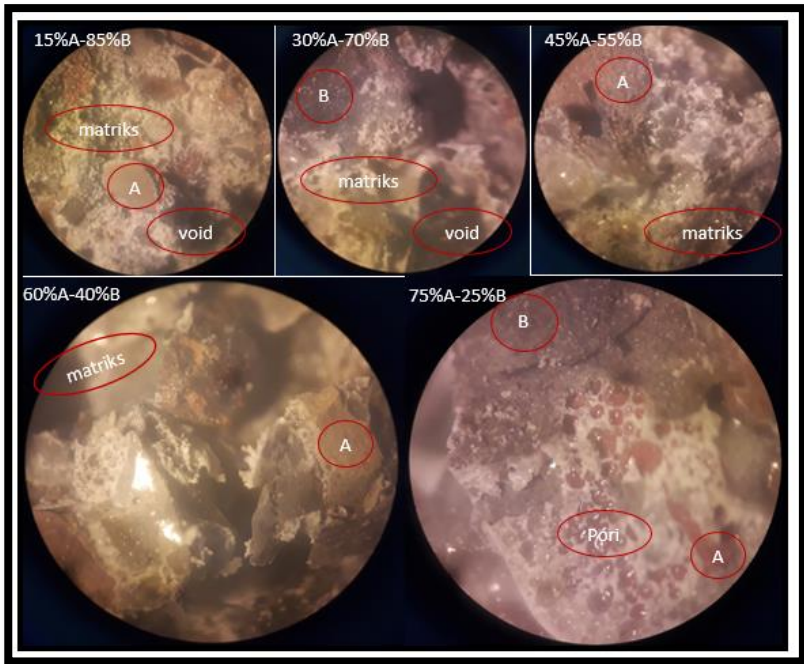
3	436,59	-(CH) _n Senyawa lain C-Cl
---	--------	--

Pada hasil FTIR tersebut yang menunjukkan adanya epoksi pada material tersebut adalah adanya ikatan C-H pada serapan $776,29\text{ cm}^{-1}$ Sehingga terbentuknya gugus fungsi epoksi. Pada gambar tersebut terlihat adanya ikatan CO atau gugus -COC- pada daerah serapan $1035,19\text{ cm}^{-1}$ dan yang terakhir adalah -(CH)_n dan kemungkinan adanya ikatan C-Cl pada daerah serapan $436,59\text{ cm}^{-1}$ sehingga terbentuk gugus fungsi pada **gambar 4.12** seperti yang tercantum pada gambar dibawah.



Gambar 4.3 Rumus struktur *Bisphenol A*
(Brydson, 1982)

4.3 Analisa Hasil Uji Mikroskopis



Gambar 4.4 Pengamatan dengan mikroskop stereo

Pengamatan secara visual dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik CARL ZEISS Stemi DV4. Daerah yang diamati merupakan daerah patahan spesimen yang berupa serpihan. Pada gambar tersebut dapat dilihat daerah – daerah yang merupakan agregat A, agregat B, matriks, dan pori. Pada daerah tersebut terdapat perbedaan warna yaitu warna oren menunjukkan agregat A (agregat Tuban) yang berbentuk pipih dan cenderung mudah mengalami patahan, sedangkan daerah yang berwarna hitam keabu-abuan merupakan agregat B (agregat Puskim) yang berukuran lebih kecil dari arggat A, namun lebih kompatibel dan



lebih tahan terhadap tekanan beban daripada agregat A. Hal ini dikarenakan sebagian besar patahan terjadi pada agregat A.

Pada masing - masing gambar pengamatan pada tiap komposisi melalui mikroskop tersebut tampak bahwa agregat A dan B terdistribusi secara merata. Pada komposisi tertentu terdapat void yang terjadi karena tidak ada ikatan antara matriks dengan agregat dan agregat dengan agregat sehingga dapat dengan jelas terlihat ketika diperbesar. Terdapat void pada komposisi 15%A-85%B, 30%A-70%B, dan 60%A-40%B. Jumlah void terbanyak ditemukan pada sampel dengan komposisi 30%A-70%B, hal ini dapat terjadi karena proses penuangan campuran agregat dengan polimer yang kurang baik sehingga posisi agregat kurang tersusun secara teratur.

Pada gambar pengamatan tersebut terdapat satu perbedaan pada gambar pengamatan sampel komposisi 60%A-40%B yaitu terdapat daerah berwarna putih. Adapun daerah berwarna putih tersebut merupakan pantulan sinar yang berasal dari sumber cahaya pada mikroskop optik yang mengenai permukaan agregat yang mengkilap karena berikatan dengan matriks polimer. Dari pengamatan melalui mikroskop optik, dapat dilihat bahwa ikatan interlocking terjadi pada antar agregat dan agregat dengan matriks. Ikatan interlocking terjadi karena adanya faktor roughness atau kekasaran material agregat. Berdasarkan hasil pengujian FTIR, tidak ada senyawa baru yang terbentuk secara kimia antara agregat dengan polimer. Pada hasil pengujian FTIR hanya teridentifikasi ikatan C-H, CO, dan senyawa lain yang daerah serapannya kurang dari 500 cm^{-1} , yang membuktikan bahwa ikatan tersebut merupakan ikatan penyusun resin epoksi.

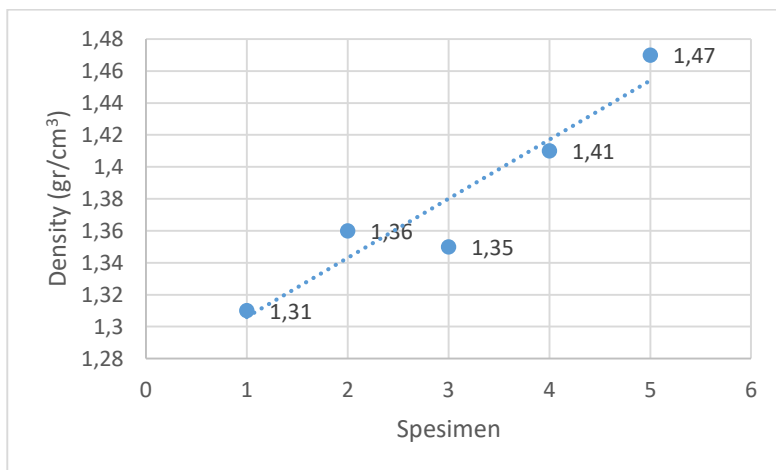
4.4 Hasil Pengujian Densitas

Dari pengujian densitas yang dilakukan berdasarkan pada ASTM D792-8 yang dihitung dengan persamaan 3.1 dengan menimbang spesimen uji dengan timbangan digital ketika di udara bebas dan ketika melayang di dalam air sehingga didapat nilai



densitas. Sedangkan untuk nilai porositas dihitung dengan persamaan 3.2 dilakukan perbandingan dengan densitas dalam teori menggunakan *rule of mixture*. Sehingga didapat nilai densitas dan porositas yang ditunjukkan oleh **Gambar 4.5**

Dari data tersebut kita ketahui bahwa nilai densitas terendah berdasarkan hasil pengujian dari densitas sebesar $1,31 \text{ gr/cm}^3$ pada komposisi 15%A-85%B dan nilai tertinggi sebesar $1,47 \text{ gr/cm}^3$ pada komposisi 75%A-25%B. Dari data tersebut terdapat penurunan nilai densitas pada spesimen dengan komposisi ketiga yaitu pada komposisi 45%A-55%B. Adapun penurunan yang terjadi tidak terlalu signifikan yaitu dari $1,36 \text{ gr/cm}^3$ komposisi 30%A-70%B ke $1,35 \text{ gr/cm}^3$ komposisi 45%A-55%B. Hal ini terjadi karena pada spesimen dengan komposisi 45%A-55%B terdapat cacat pada agregat A. Tampak bahwa terdapat lubang pada agregat A sehingga mempengaruhi penurunan nilai densitasnya.



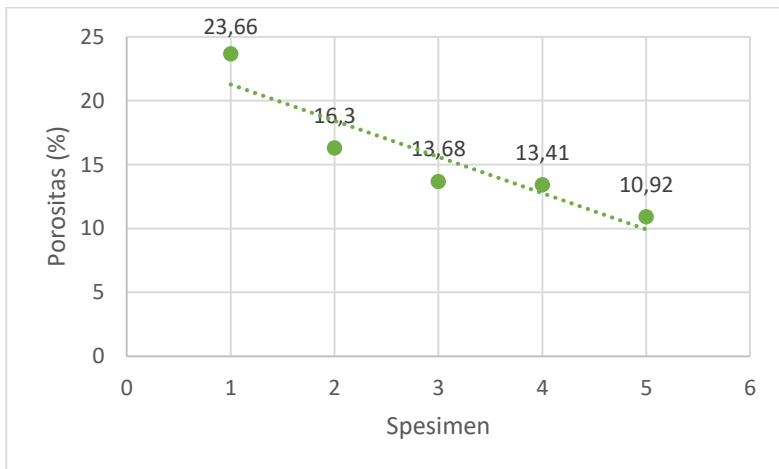
Gambar 4.5 Grafik hasil pengujian densitas



Dari grafik yang didapat dari nilai densitas hasil pengujian berbentuk linier. Pada grafik tersebut terjadi kenaikan *trend* sehingga dapat disimpulkan semakin tinggi komposisi agregat A maka nilai densitasnya semakin tinggi. Hal ini dikarenakan bentuk agregat Tuban yang lebih kompatibel dan bentuknya mendekati sempurna dibandingkan dengan agregat B yang lebih pipih bentuknya.

4.5 Hasil Pengujian Porositas dan Water absorbtion

Metode Pengujian porositas dan Water absorbtion diperoleh dari perhitungan massa spesimen pada pengujian densitas dan dihitung dengan persamaan yang kemudian data dapat dilihat pada **Gambar 4.6** dan **Gambar 4.7**



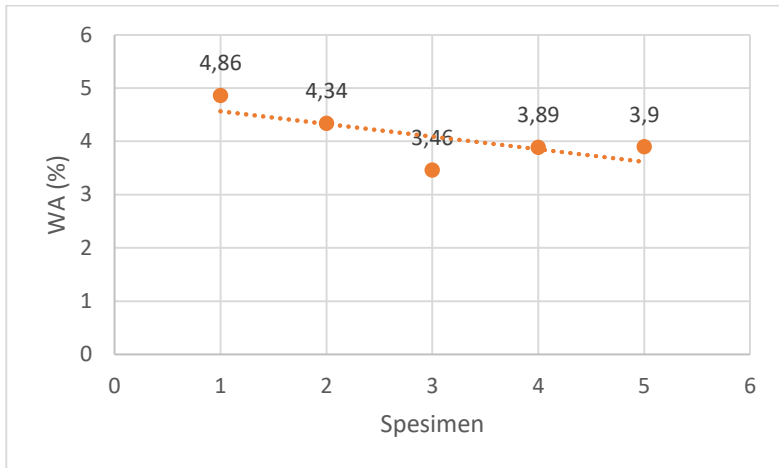
Gambar 4.6 Grafik Pengujian Porositas

Dari data tersebut kita ketahui bahwa untuk material komposisi 15%A-85%B merupakan nilai tertinggi dari porositas yaitu sebesar 23,66% dan nilai terendah sebesar 10,92% pada komposisi 75%A-25%B, sedangkan berdasarkan hasil pengujian



water absorbtion didapat nilai tertinggi pada komposisi 15%A-85%B sebesar 4,86% dan nilai terendah sebesar 3,46% pada komposisi 45%A-55%B. Dari data tersebut terdapat kenaikan nilai water absorbtion pada spesimen dengan komposisi ketiga yaitu pada komposisi 45%A-755%B. Adapun kenaikan yang terjadi tidak terlalu signifikan yaitu dari 3,46% pada komposisi 45%A-55%B ke 3,89% pada komposisi 60%A-40%B. Hal ini terjadi karena pada spesimen dengan komposisi 45%A-55%B terdapat cacat pada agregat A. Tampak bahwa terdapat lubang pada agregat A sehingga mempengaruhi penurunan nilai densitasnya. Namun, pada pengamatan secara mikroskopis tampak bahwa pada komposisi 60%A-40%B terdapat lebih banyak void yang berukuran cukup besar dalam jumlah yang paling banyak diantara spesimen yang lainnya.

Pengujian porositas sesuai dengan teori yang didapat pada perhitungan densitas. Semakin banyak komposisi agregat Tuban, maka semakin rendah Porositasnya. Hal ini sesuai dengan hasil pengujian densitas pada subbab sebelumnya. Adapun hubungan porositas dengan densitas yaitu, semakin tinggi nilai densitas suatu material maka akan semakin rendah porositasnya sehingga semakin rapat susunan atom atau struktur suatu material, maka akan semakin sedikit rongga atau *phorus* nya.

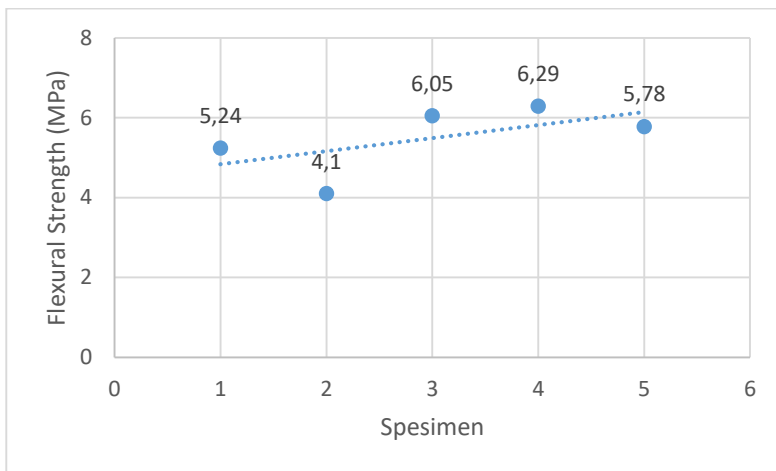


Gambar 4.7 Grafik Pengujian Water absorbtion

Pengujian water absorbtion sesuai dengan teori. Semakin banyak komposisi agregat Tuban, maka semakin rendah nilai water absorbtionnya. Hal ini dikarenakan semakin tinggi nilai densitas suatu material maka akan semakin rendah porositasnya sehingga material tersebut semakin mampu menyerap air. Sehingga dapat dikatakan nilai densitas berbanding terbalik dengan water absorbtion.

4.6 Analisa Hasil Uji Kuat Lentur

Dari hasil pengujian kuat lentur yang dilakukan didapatkan beberapa nilai yang diperoleh grafik yang dihasilkan pada **Gambar 4.8**

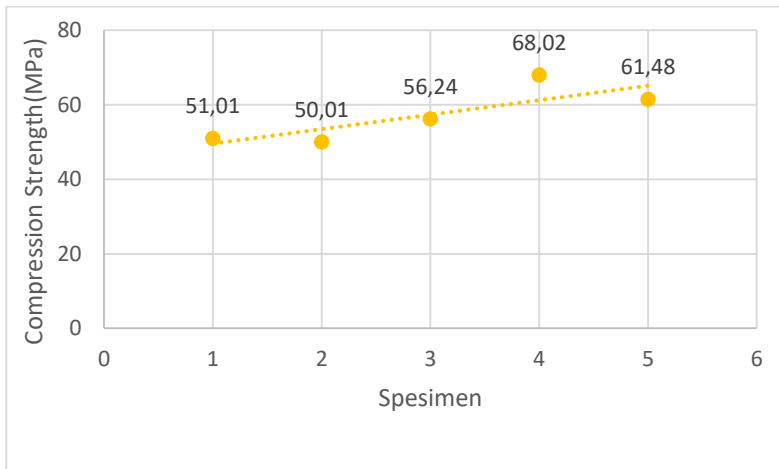


Gambar 4.8 Grafik Pengujian kuat lentur

Adapun nilai tersebut didapatkan dari proses penghitungan besar pembebanan yang didapatkan dari mesin uji lalu dihitung menggunakan perhitungan pada persamaan 2.1.

4.7 Analisa Hasil Uji Kuat Tekan

Dari hasil pengujian kuat tekan yang dilakukan didapatkan beberapa nilai yang diperoleh grafik yang dihasilkan pada **Gambar 4.9**



Gambar 4.9 Grafik Pengujian kuat tekan

Nilai tersebut didapatkan dari proses penghitungan besar pembebanan yang didapatkan dari mesin lalu dihitung menggunakan perhitungan pada persamaan 2.2.

Dari data tersebut dibuat grafik hubungan antara kekuatan tekan dengan kekuatan bending pada spesimen yang dilakukan pengujian berdasarkan isi **Tabel 4.1** dan **4.2**

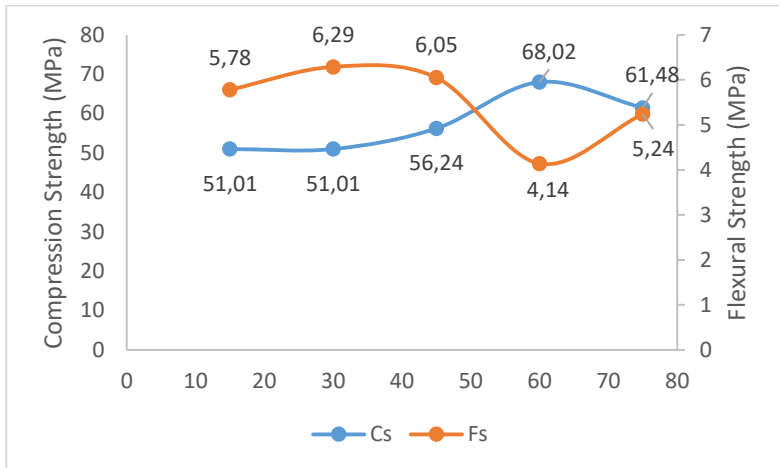
Pada grafik yang ditunjukkan pada **Gambar 4.10** merupakan hubungan antara kekuatan tekan dengan kuat lentur material Komposit cork concrete. Dari grafik menjelaskan bahwa semakin tinggi komposisi agregat A pada material maka sifat kuat tekan dan kuat lentur dari material akan semakin tinggi. Pada data yang ada pada **Gambar 4.8** menunjukkan bahwa komposisi 75%A-25%B memiliki nilai paling tinggi untuk kuat tekan dan kuat lentur.

Dari grafik kita ketahui bahwa untuk material komposit 15%A-85%B merupakan nilai terendah dari kekuatan tekan sebesar 51,012 Mpa dan nilai tertinggi sebesar 68,02 MPa pada komposisi 60%A-40%B, sedangkan nilai terendah dari kekuatan lentur sebesar 4,14 Mpa pada komposisi 30%A-70%B dan nilai



tertinggi sebesar 6,29 MPa pada komposisi 60%A-40%B. Dari grafik yang didapat terjadi kenaikan *trend* sehingga bisa disimpulkan semakin tinggi komposisi agregat A maka nilai kekuatan lentur dan kekuatan tekan semakin tinggi. Namun terdapat penurunan nilai kekuatan lentur yang tidak terlalu signifikan pada komposisi 30%A-70%B. Penurunan nilai kuat lentur dari 5,24 MPa pada komposisi 15%A-85%B, lalu mengalami penurunan yang tidak terlalu signifikan pada komposisi 30%A-70%B yang memiliki nilai kuat lentur sebesar 4,14 MPa. Penurunan nilai kuat lentur ini dikarenakan adanya keberadaan void pada spesimen dengan komposisi 30%A-70%B seperti pada **Gambar 4.4** void yang terdapat pada sampel tersebut dikarenakan tidak adanya ikatan antara matriks polimer dengan agregat, maupun ikatan agregat dengan agregat sehingga menjadi rongga yang ukurannya lebih besar dari pori yang terdapat pada matriks polimer. Adapun keberadaan void pada spesimen komposisi 30%A-70%B merupakan keberadaan void yang paling banyak diantara spesimen dengan komposisi agregat 15%A-85%B, 45%A-55%B, 60%A-40%B, dan 75%A-25%B.

Pada komposisi 75%A-25%B nilai kekuatan lentur dan kekuatan tekan mengalami penurunan yang tidak terlalu signifikan. Hal ini dikarenakan pada komposisi maksimal agregat A, nilai densitas material menjadi paling tinggi diantara yang lainnya. Adapun yang menjadi penyebab turunnya nilai kekuatan lentur dan kekuatan tekan yaitu karena banyaknya agregat A yaitu agregat Tuban yang bentuknya pipih dan berwarna oren. Secara fisik agregat A kurang kompatibel bila dibandingkan Agregat B. Bentuk agregat A lebih pipih dan berukuran lebih besar dari agregat A. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat banyak void yang terjadi karena tidak terjadinya ikatan antara polimer dengan agregat maupun agregat dengan agregat sehingga mempengaruhi nilai kekuatan lentur dan kekuatan tekan.

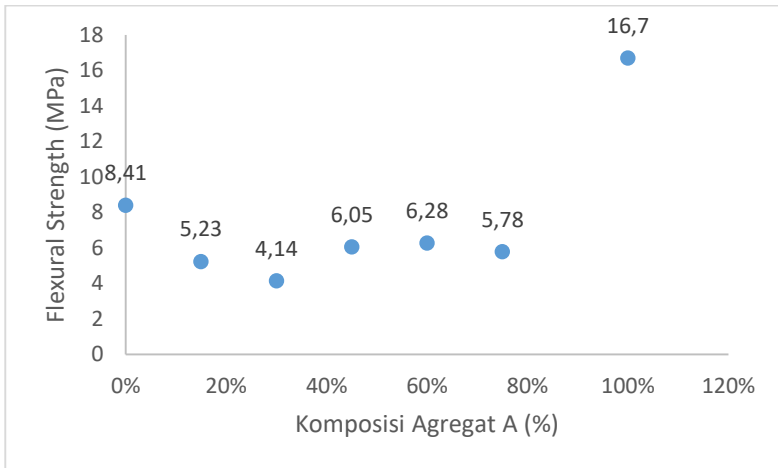


Gambar 4.10 Grafik hubungan antara kuat tekan dan kuat lentur dari tiap komposisi agregat A

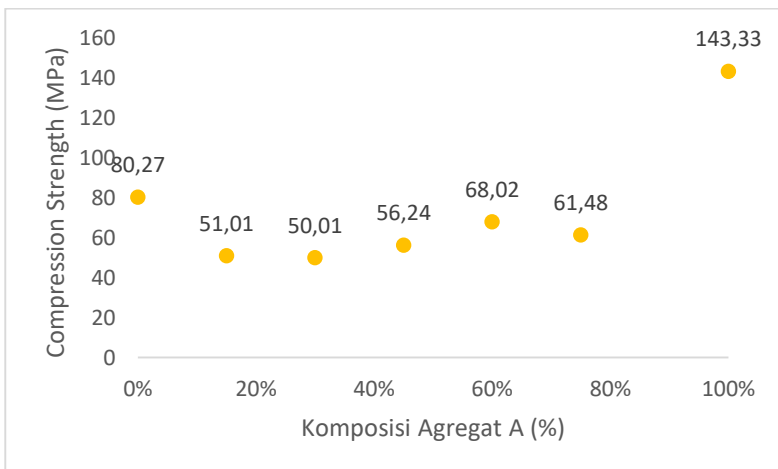
Dari grafik yang telah dibuat, trend nilai kekuatan tekan berupa garis linier. Pada grafik nilai kekuatan lentur juga berupa garis linier dengan penurunan yang tidak terlalu signifikan pada komposisi kedua. Dari kedua grafik linier yang digabungkan terdapat hubungan antara kuat lentur dengan kekuatan tekan. Hal tersebut menunjukkan bahwa nilai kekuatan lentur sebanding dengan nilai kekuatan tekan. Semakin tinggi komposisi agregat A maka sifat mekanik akan semakin tinggi.



Laporan Tugas Akhir
Departemen Teknik Material FTI-ITS



Gambar 4. 11 Hasil pengujian kuat lentur pada variasi komposisi 15%-100% Agregat A



Gambar 4. 12 Hasil pengujian kuat tekan pada variasi komposisi 15%-100% Agregat A



Dari hasil pengujian kuat lentur dan kuat tekan yang diperoleh dari hasil pengujian dan penelitian sebelumnya maka didapatkan grafik seperti pada **Gambar 4.11** dan **Gambar 4.12** grafik tersebut menunjukkan bahwa pada komposisi 100% agregat A(pipih) didapat nilai kuat tekan dan kuat lentur paling tinggi diantara nilai kuat tekan dan kuat lentur pada komposisi kurang dari 100%. Sehingga dapat dikatakan bahwa semakin banyak agregat A(pipih) maka nilai kuat tekan dan kuat lentur semakin tinggi pula.

4.8 Pembahasan

Kebutuhan material pelapis lantai kereta dengan kualitas yang lebih baik untuk rancangan kereta penumpang yang semakin tinggi dan dalam jangka waktu yang panjang memerlukan struktur yang baik dan efisien. Penggunaan campuran material agregat butiran yang pipih dan bersudut (angular) seperti agregat A (agregat Tuban) dan agregat B (Agregat Puskim) yang lebih baik memungkinkan diperolehnya komposit pelapis lantai (beton) yang lebih padat dengan faktor kadar rongga yang rendah sehingga mampu meningkatkan kuat tekan beton.

Dari proses pembuatan komposit semen untuk aplikasi pelapis lantai kereta (cork concrete) yakni pencampuran antara dua macam agregat yang berbeda bentuk, ukuran, maupun sifat fisiknya dengan parameter bentuk dan komposisi agregat dapat dilakukan dengan baik. Adapun jenis agregat yang digunakan yaitu agregat Tuban dan Agregat Puskim tercampur dengan baik dan dapat homogen atau menyatu satu dengan yang lain. Namun pada proses pembuatan tersebut terkendala pada proses pencetakan yang kurang sempurna sehingga timbul porositas yang besar. Adapun sifat-sifat yang sesuai dengan spesifikasi sudah dapat dicapai dengan beberapa pengujian.

Komposit berdasarkan jenis filler nya terbagi menjadi tiga macam yaitu komposit partikulat, komposit serat, dan komposit struktural. *Cork concrete* merupakan Particle-reinforced



composite. Hal ini sesuai dengan yang dicantumkan dalam buku Callister (2014). Pada komposit large particle interaksi antara partikel dan matrix nya tidak dapat dilakukan pada level atomik ataupun molekular. Menurut wessel (2004), Particle-reinforced composite biasanya lebih keras dan lebih kaku dari material matrix nya. Partikel penguat cenderung menahan gerakan pada fasa matrix di setiap partikel. Kenaikan properties mekanik dari komposit tergantung pada seberapa kuatnya ikatan antara interface antara matrix dan partikel nya.

Menurut Martin H (2013) Agregat memiliki bentuk butir dari bulat (rounded) sampai bersudut (angular). Bentuk butir agregat dapat mempengaruhi workabilitas campuran beton selama pencampuran yaitu dalam hal energi pemadatan yang dibutuhkan untuk memadatkan campuran, dan kekuatan struktur beton selama umur pelayanannya. Kekuatan beton salah satunya dipengaruhi oleh interaksi atau adhesi antar pasta semen dengan agregat dalam hal ini adalah ikatan antara agregat dengan matriksnya. Bentuk partikel agregat yang bersudut memberikan ikatan antar agregat (aggregate interlocking) yang baik yang dapat menahan perpindahan atau displasemen agregat yang mungkin terjadi. Agregat yang bersudut tajam, berbentuk kubikal dan agregat yang memiliki lebih dari satu bidang pecah akan menghasilkan ikatan antar agregat yang paling baik. Hal ini sesuai dengan teori tersebut seperti yang dapat dilihat pada gambar hasil pengamatan secara mikroskopis bahwa sebagian besar patahan terjadi pada interface antara matriks dengan agregat B yang berdimensi lebih kecil dan bersudut yaitu agregat Puskim yang berwarna hitam.

Jenis agregat yang digunakan pada penelitian ini yaitu agregat yang berbentuk pipih angular dan agregat yang berbentuk bulat (rounded). Agregat yang berbentuk pipih adalah agregat yang digunakan sebagai variasi komposisi pada spesimen uji. Dari hasil pengujian yang diperoleh, dapat dilihat pada grafik hasil pengujian bahwa semakin banyak komposisi agregat pipih maka semakin baik sifat mekaniknya. Hal ini dapat dibandingkan pada penelitian



sebelumnya pada laporan kerja praktik. Pada pengujian sifat mekanik spesimen uji dengan komposisi 100% agregat pipih memperoleh kekuatan lentur dan kekuatan tekan berturut – turut sebesar 8,41 MPa dan 143,33 MPa. Hal ini apabila dikaitkan dengan pengamatan secara mikroskopis yaitu terlihat lebih banyak patahan matriks di sekitar agregat bulat. Fenomena tersebut terjadi karena adanya ikatan interlocking antar agregat dengan matriks polimer. Sehingga dapat dikatakan sesuai dengan referensi Menurut Martin H (2013), yang mengatakan bahwa Agregat yang memiliki bentuk geometri bersudut tajam, berbentuk kubikal dan agregat yang memiliki lebih dari satu bidang pecah akan menghasilkan ikatan antar agregat yang lebih baik daripada agregat yang berbentuk bulat (rounded).

Dari data pengujian karakterisasi yang dilakukan, tidak terjadi senyawa baru sehingga tidak terdapat ikatan lain selain ikatan yang terdapat pada matriks. Adapun matriks yang digunakan pada komposit cork concrete adalah material polimer jenis epoksi. Grafik hasil pengujian FTIR yang didapat menunjukkan adanya ikatan C-H, CO, dan $-(CH)_n$ yang merupakan ikatan kimia epoksi. Sesuai dengan hasil pengamatan secara visual menggunakan mikroskop stereo tipe CARL ZEISS Stemi DV4, ketika diamati tampak bahwa matriks epoksi berikatan secara interlocking dengan permukaan agregat. Pada gambar 4.3 juga dapat dilihat beberapa void dan cacat dari agregat A.

Adapun pengujian fisik yang dilakukan yaitu pengujian densitas, porositas, dan water absorbtion. Dari data pengujian yang dilakukan, nilai densitas naik sebanding dengan bertambahnya agregat A. Hal ini berpengaruh pada nilai porositas dan water absorbtion. Material dengan komposisi agregat A paling rendah memiliki nilai densitas yang rendah namun memiliki nilai porositas dan water absorbtion yang tinggi. Hal ini terjadi karena semakin rendah nilai densitas suatu material maka semakin banyak rongga pada material tersebut sehingga memiliki kemampuan menyerap air lebih baik.



Dari hasil pengujian mekanik yang dilakukan yaitu pengujian kuat tekan dan pengujian kuat lentur yang didapatkan dapat dilihat bahwa sifat mekanik spesimen turut naik pada penambahan komposisi agregat A. Hal ini dikarenakan penambahan komposisi agregat A mempengaruhi meningkatnya nilai densitas. Adapun meningkatnya nilai densitas berdampak pada turunnya porositas suatu material. Hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Toto R (2005) bahwa adanya porositas tersebut akan menurunkan kekuatan dari sifat mekanisnya.

Hasil pengujian mekanik maupun fisik yang diperoleh dari hasil pengujian dapat dikaitkan dengan bentuk agregat dan komposisi agregat. Bentuk agregat memiliki pengaruh pada terjadinya ikatan interlocking antar agregat dengan agregat dan ikatan interlocking antar agregat dengan matriks polimer. Semakin banyak agregat yang berbentuk pipih (angular) maka akan semakin baik sifat mekaniknya. Variasi komposisi menunjukkan banyaknya prosentase agregat pipih dan agregat bulat yang dicampur pada spesimen uji. Sehubungan dengan ikatan interlocking yang terjadi pada antar agregat dengan agregat maupun antar agregat dengan matriks yakni berpengaruh pada semakin baik nilai mekaniknya, maka komposisi agregat yang digunakan juga berlaku demikian. Semakin banyak komposisi agregat pipih maka semakin baik sifat mekaniknya.

Selanjutnya, berdasarkan standar spesifikasi pelapis lantai kereta api oleh perusahaan PT. Industri Kereta Api (Persero), *cork concrete* dengan variasi komposisi agregat A (agregat pipih) yang memenuhi standar secara mekanis yaitu minimal memiliki kekuatan tekan sebesar 10,89 MPa dan memiliki kuat lentur minimal 5-8 MPa. Adapun semua variasi komposisi agregat A yang memenuhi standar spesifikasi mekanik yang diterapkan perusahaan, yaitu komposisi agregat 15%A-85%B, 30%A-70%B, 45%A-55%B, 60%A-40%B, dan 75%A-25%B.



(halaman ini sengaja dikosongi)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa data dan pembahasan pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa :

1. a. Penambahan Agregat Tuban (pipih) akan mengakibatkan bertambahnya nilai densitas dari komposit cork concrete. Densitas terendah dari komposisi agregat Tuban-Puskim adalah $1,31 \text{ gr/cm}^3$ pada komposisi 15%Tuban-85%Puskim, dan tertinggi sebesar $1,47 \text{ gr/cm}^3$ pada komposisi 75%Tuban-25%Puskim.
- b. Penambahan Agregat Tuban (pipih) akan mengakibatkan menurunnya nilai water absorbtion dari komposit cork concrete. Water absorbtion terendah dari komposisi agregat Tuban-Puskim adalah 3,9% pada komposisi 75%Tuban-25%Puskim, dan tertinggi sebesar 4,86% pada komposisi 15%Tuban-85%Puskim.
- c. Penambahan Agregat Tuban (pipih) akan mengakibatkan menurunnya nilai porositas dari komposit cork concrete. Porositas terendah dari komposisi agregat Tuban-Puskim adalah 10,92% pada komposisi 75%Tuban-25%Puskim, dan tertinggi sebesar 23,66% pada komposisi 15%Tuban-85%Puskim.
- d. Penambahan Agregat Tuban (pipih) akan mengakibatkan meningkatnya nilai kuat tekan dari komposit cork concrete. Nilai kuat tekan terendah dari komposisi agregat Tuban-Puskim adalah 50,01 MPa pada komposisi 30%Tuban-70%Puskim, dan tertinggi sebesar 68,02 MPa pada komposisi 60%Tuban-40%Puskim.
- e. Penambahan Agregat Tuban (pipih) akan mengakibatkan meningkatnya nilai kuat lentur dari komposit cork concrete. Nilai kuat lentur terendah dari komposisi agregat Tuban-Puskim adalah 4,1 MPa pada komposisi 30%Tuban-



70% Puskim, dan tertinggi sebesar 6,29 MPa pada komposisi 60% Tuban-40% Puskim.

- a. Semua variasi komposisi material komposit Cork Concrete komponen pelapis lantai kereta yang sifat mekanik nya memenuhi standar spesifikasi PT. INKA dimana komposisi yang paling sesuai adalah komposisi 15% agregat Tuban -85% agregat Puskim.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan saran untuk penelitian selanjutnya adalah :

1. Dilakukan perhitungan densitas dari setiap Raw material sebelum melakukan proses pembuatan spesimen komposit agar hasil yang didapat lebih sesuai secara teori maupun berdasarkan hasil pengujian.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus Purwati Dkk. 2014, *Pengaruh Ukuran Butiran Agregat Terhadap Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas Beton Kinerja Tinggi Grade 80*. Skripsi. Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta
- Assidiq , Chasby, Sulardjaka. 2014. “Pengaruh SiC Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Komposit Matrik Alumunium yang Diperkuat Serbuk SiC”. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.
- ASM. 2001. *ASM Handbook Volume 21 Composite*. Ohio: ASM International
- ASTM C 33/03, 2003, “*Standard Spesification for Concrete Aggregates*. Annual Books of ASTM Standards, USA.
- ASTM C 39/C 39M-05, 2005, “*Standard Test Method for Compressive Strenght of Cylindrical Concrete Spesimens*”. Annual Books of ASTM Standards, USA
- Brydson. 1982. *Plastic Material 5th Edition*. Loughborough: Butterworth.
- Callister, William D. dan David G. Rethwisch. 2014. *Material Science and Engineering An Introduction 9th Edition*. New York: Mc Graw Hill Book.

- Frigione, Mariaenrica. 2010. *Recycling of PET Bottles as Fine Aggregates in Concrete*. Universita del Salento.
- Courtney, TH., 1999, *Mechanical Behavior Of Material*, Mc. Graw, Hill International Engineering, Material Science/Metallurgy Series.
- Gibson, Ronald F. 1994. *Principles of Composite Material Mechanics*. New York. McGraw-Hill. Inc. (1994) 27-29.
- Hadi, B.K. 2000. *Mekanika Struktur Komposit*. Departemen Pendidikan Nasional.
- Harbrian, Veindra. 2007. *Pengaruh Ketebalan Inti (Core) Terhadap Kekuatan Bending Komposit Sandwich Serat E-Glass Chopped Strand Mat Unsaturated Polyester Resin Dengan Inti (Core) Spon*. Skripsi S-1 Program Studi Teknik Mesin, Universitas Negeri Semarang.
- Hutagalung, Martin., Setiawan, Yanuar. 2007. *Pengaruh Bentuk dan Konfigurasi Agregat Terhadap Kuat Tekan Mortar*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang.
- Izaak, Franklin Donald, Fentje A. Rauf, dkk, 2013. *Analisis Sifat Mekanik dan Daya Serap Air Material Komposit Serat Rotan*.

- K, Susi. 2012. *Spektroskopi Infra Merah*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Kristianingrum, Susila. 2002. *Handout Spektroskopi Infra Merah*. Universitas Negeri Yogyakarta
- Mordock, L. J. dan Brook, K. M. 1999. *Bahan dan Praktek Beton*; diterjemahkan oleh Ir. Stephanus Hendarko. Jakarta : Erlangga.
- Mulyati. 2016. “Mekanika Bahan: Gaya Geser dan Momen Lentur”. Padang: Institut Teknologi Padang.
- Nawy, E.G.1985.”*Beton Bertulang: Suatu Pendekatan Dasar*, Terjemahan Bambang Suryoatmono”. Bandung: PT. Refika Aditama.
- Nugroho, Febri Satrio dan Rizalditya, Putra Bintang. 2017. *Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton Polimer Termodifikasi Alami Amylum Serta Bahan Tambah Madu*. G-SMART Jurnal Teknik Sipil Unika Soegijapranata Semarang. Volume 1 Nomor 2.
- Pahlewi, Ikhsanu Marisa, 2012. *Pembuatan Komposit Arang Tempurung Kelapa Sebagai Filter Penjernih Air*. Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

- Pramono, A. E., 2012. *Karakteristik Komposit Karbon Berbasis Limbah Organik Hasil Proses Tekan Panas*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Pratama, Dwiki Putra. 2018. “Studi Pengaruh Penambahan Binder Thermoplastic LDPE dan PET terhadap Sifat Mekanik Komposit Partikulat untuk Aplikasi Material Bangunan”. Departemen Teknik Material FTI-ITS Surabaya.
- Purwati, Agus., SholihinAs’ad, dkk. 2014. *Pengaruh Ukuran Butiran Agregat Terhadap Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton Kinerja Tinggi Grade 80*. e-Jurnal MATRIKS TEKNIK SIPIL Vol.2 No.2. Universitas Sebelas Maret : Surakarta.
- Project Inspections PT. Industri Kereta Api (Persero). *Spesifikasi Teknis Pelapis Lantai Kereta*
- Qolik, A. 1991. *Pengujian Logam*. Malang : Institut Keguruan dan Ilmu Pendidikan Malang.
- Sambowo, Kusno Adi., Achmad Basuki., Galuh Chrismaningwan. 2014. “Kuat Lentur dan Serapan Bunyi Panel Beton Agregat Polyethylene Terephthalate (PET)”. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.

- Sari, Ayu Yuswita. 2011. *Pembuatan Panel Beton Berbasis Perlit dan Aplikasinya sebagai Insulator Panas*. Pusat Penelitian Fisika – LIPI, Komplek PUSPIPTEK Tangerang.
- Schwartz, M.M. 1984. *Composite Material Handbook*, Mc Graw Hill. Singapore.
- Setiawan, Tria. 2017. *Analisis Efek Perlakuan NaOH pada Serat Pelepah Sawit dan Perendaman High Speed Diesel Terhadap Sifat Mekanis Material Komposit Bermatrik Epoksi*. Tugas Akhir Program Studi Alat Berat Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Balikpapan.
- SNI 03-4431-1997
- West Conshohocken, 2003. ASTM, “*Annual Book of ASTM Standard*”.
- Wicaksono, Sigit Tri., Hosta A, Amaliya R. 2018. “*Study on Mechanical and Physical Properties of Composite Materials with Recycled PET as Fillers for Paving Block Application*”. AIP Conference Proceeding: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Yulianto, Eko Susetyo. 2015. “*Mekanika Bahan Teknik: Gaya Geser dan Momen Lentur*”. Depok: Universitas Gunadarma.

Zhou, Qi. 2011. *Strong and tough cellulose nanopaper with high specific surface area and porosity*. New York: American Chemical Society.

LAMPIRAN A PERHITUNGAN

Rule of Mixture (Teori Pencampuran)

➤ Spesimen Uji Tekan

Dimensi : panjang = 50mm

Lebar = 50mm

Tinggi = 50mm

Volume top coat = 12,5mm x 50mm x 50mm

Volume bond coat = 37,5mm x 50mm x 50mm

Material	Rasio
Resin	1
Hardener	4
Agregat	25

- Perhitungan volume
 Semen = 6,79 mm³
 Agregat Halus = 13,58 mm³
 Lateks = 4,08 mm³
 Hardener = 3,12 mm³
 Resin = 12,5 mm³
 Air = 0,22 mm³

% A	Agregat kasar A (mm ³)	Agregat kasar B (mm ³)
15	11,72	66,41
30	23,44	54,69
45	35,16	42,97
60	46,88	31,25
75	58,59	19,53

- Perhitungan Massa
 Semen = 10,19gr
 Agregat Halus = 19,02 gr

Lateks = 3,97 gr
 Hardener = 3,03 gr
 Resin = 16,25 gr
 Air = 0,22 gr

% A	Agregat kasar A (gram)	Agregat kasar B (gram)
15	23,44	92,30
30	46,88	76,02
45	70,31	59,73
60	93,75	43,44
75	117,19	27,15

➤ Spesimen Uji Lentur

Dimensi : panjang = 160mm

Lebar = 40mm

Tinggi = 40mm

Volume top coat = 12,5mm x 40mm x 40mm

Volume bond coat = 27,5mm x 40mm x 40mm

Material	Rasio
Resin	1
Hardener	4
Agregat	25

- Perhitungan volume
 Semen = 6,79 mm³
 Agregat Halus = 13,58 mm³
 Lateks = 4,08 mm³
 Hardener = 5,87 mm³
 Resin = 23,47 mm³
 Air = 0,22 mm³

% A	Agregat kasar A (mm ³)	Agregat kasar B (mm ³)
15	22	124,67
30	44	102,67
45	66	80,67
60	88	58,67
75	110	36,67

- Perhitungan Massa
 Semen = 10,19gr
 Agregat Halus = 19,02 gr
 Lateks = 3,97 gr
 Hardener = 5,69 gr
 Resin = 30,51 gr
 Air = 0,22 gr

% A	Agregat kasar A (gram)	Agregat kasar B (gram)
15	44	173,29
30	88	142,71
45	132	112,13
60	176	81,55
75	220	50,97

Densitas teoritis

$$\rho_{th} = \rho_{matriks} \cdot V_{matriks} + \rho_{filler} \cdot V_{filler} \quad (1)$$

keterangan :

ρ_{th} : densitas teoritis (gram/cm³)

$\rho_{matriks}$: densitas matriks (gram/cm³)

ρ_{filler} : densitas filler (gram/cm³)

$V_{matriks}$: fraksi massa matriks (gram)

V_{filler} : fraksi massa filler (gram)

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (2)$$

keterangan :

ρ : densitas teoritis (gram/cm³)

m: massa material (gram)

v: volume material (cm³)

Tabel Perhitungan Sifat Fisik

➤ Tabel Perhitungan Densitas

	massa basah (gr)	massa kering (gr)	massa gantung (gr)	ρ	Rata2
15:85 1	178,35	172,98	126,34	1,37	1,31
15:85 2	177,22	168,7	121,9	1,38	
15:85 3	160,71	150,99	127,35	1,19	
30:70 1	175,12	171,65	125,7	1,37	1,37
30:70 2	166,36	156,12	114,85	1,36	
30:70 3	167,18	160,03	116,64	1,37	
45:55 1	171,99	165,17	127,27	1,29	1,36
45:55 2	173,13	168,01	126,17	1,33	
45:55 3	168,57	163,34	114,66	1,42	
60:40 1	199,91	191,63	137,79	1,39	1,42
60:40 2	184	176,72	126,29	1,39	
60:40 3	193,25	187,16	128,56	1,45	
75:25 1	175,88	169,95	113,83	1,49	1,47
75:25 2	189,48	184,65	125,63	1,47	
75:25 3	179,48	171,95	118,12	1,45	

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Dimana: ρ = Densitas (gram/cm³)

m = Massa sampel (gram)

v = Volume sampel (cm³)

➤ Tabel Perhitungan Water Absorb

	massa basah (gr)	massa kering (gr)	massa gantung (gr)	WA	Rata2
15:85 1	178,35	172,98	126,34	3,10	4,86
15:85 2	177,22	168,7	121,9	5,05	
15:85 3	160,71	150,99	127,35	6,43	
30:70 1	175,12	171,65	125,7	2,02	4,34
30:70 2	166,36	156,12	114,85	6,55	
30:70 3	167,18	160,03	116,64	4,46	
45:55 1	171,99	165,17	127,27	4,12	3,46
45:55 2	173,13	168,01	126,17	3,04	
45:55 3	168,57	163,34	114,66	3,20	
60:40 1	199,91	191,63	137,79	4,32	3,89
60:40 2	184	176,72	126,29	4,11	
60:40 3	193,25	187,16	128,56	3,25	
75:25 1	175,88	169,95	113,83	3,48	3,49
75:25 2	189,48	184,65	125,63	2,61	
75:25 3	179,48	171,95	118,12	4,37	

$$WA = \frac{m_o - m_u}{m_o} \times 100\%$$

Dimana:

WA = Daya Serap Air (Water Absorbtion) (%)

m_o = Massa awal sampel sebelum perendaman (gram)

m_u = Massa sampel setelah perendaman (gram)

➤ Tabel Perhitungan Porositas

sampel	massa basah (gr)	massa kering (gr)	massa gantung (gr)	p	Rata2
15:85 1	178,35	172,98	126,34	11,52	,65
15:85 2	177,22	168,7	121,9	18,22	
15:85 3	160,71	150,99	127,35	41,22	
30:70 1	175,12	171,65	125,7	7,56	16,30
30:70 2	166,36	156,12	114,85	24,84	
30:70 3	167,18	160,03	116,64	16,50	
45:55 1	171,99	165,17	127,27	18,02	13,67
45:55 2	173,13	168,01	126,17	12,25	
45:55 3	168,57	163,34	114,66	10,75	
60:40 1	199,91	191,63	137,79	15,39	13,41
60:40 2	184	176,72	126,29	14,45	
60:40 3	193,25	187,16	128,56	10,40	
75:25 1	175,88	169,95	113,83	10,57	10,92
75:25 2	189,48	184,65	125,63	8,19	
75:25 3	179,48	171,95	118,12	14,00	

$$p = \frac{mu - mo}{mo - (mA + mk)} \times 100\%$$

Dimana:

p = porositas (%)

m_o = Massa sampel setelah dikeringkan (gram)

m_u = Massa sampel setelah perendaman (gram)

m_A = massa spesimen yang digantung di air (gram)

m_k = massa kawat (gram) = 0,06 gram

- Perhitungan Kuat Lentur

sampel	load (N)	Flexural Strength (Mpa)	Rata2	SD
15:85 1	2300	5,39	5,23	0,15
15:85 2	2150	5,03		
15:85 3	2250	5,27		
30:70 1	1500	3,51	4,14	0,48
30:70 2	2000	4,68		
30:70 3	1800	4,22		
45:55 1	2600	6,09	6,05	0,37
45:55 2	2400	5,62		
45:55 3	2750	6,44		
60:40 1	2700	6,33	6,29	0,15
60:40 2	2600	6,10		
60:40 3	2750	6,44		
75:25 1	2500	5,86	5,78	0,06
75:25 2	2450	5,74		
75:25 3	2450	5,74		

$$\sigma = \frac{3PL}{2bd^2} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana:

σ = Kuat Lentur (MPa)

P = Beban Maksimum (N)

L = Panjang bentang (mm) = 100 mm

b = Lebar benda uji (mm) = 40 mm

d = Tinggi benda uji (mm) = 40 mm

- Perhitungan Kuat Tekan

sampel	Beban (kg)	load (kgf)	Compress Strength (MPa)	Rata2	SD
15:85 1	1300	13000	51,012	51,01	3,20
15:85 2	1400	14000	54,936		
15:85 3	1200	12000	47,088		
30:70 1	1300	13000	51,012	51,01	3,20
30:70 2	1400	14000	54,936		
30:70 3	1200	12000	47,088		
45:55 1	1200	12000	47,088	56,24	6,67
45:55 2	1500	15000	58,86		
45:55 3	1600	16000	62,784		
60:40 1	1800	18000	70,632	68,02	1,85
60:40 2	1700	17000	66,708		
60:40 3	1700	17000	66,708		
75:25 1	1400	14000	54,936	61,48	4,89
75:25 2	1700	17000	66,708		
75:25 3	1600	16000	62,784		

$$P = \frac{f_c}{A} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana:

P = kuat tekan (MPa)

f_c = beban tekan (N)

A = luas penampang (mm²) = 25 cm²

LAMPIRAN B

TABEL

Tabel Data Pengujian Densitas

No.	Agregat (%)		Densitas Percobaan (gr/cm ³)
	A	B	
1	15	85	1,31
2	30	70	1,36
3	45	55	1,35
4	60	40	1,41
5	75	25	1,47

Tabel Data Pengujian Porositas dan Water absorbtion

No.	Agregat A (%)	Agregat B (%)	Porositas (%)	WA (%)
1	15	85	23,66	4,86
2	30	70	16,3	4,34
3	45	55	13,68	3,46
4	60	40	13,41	3,89
5	75	25	10,92	3,9

Tabel Data Pengujian Kuat Lentur

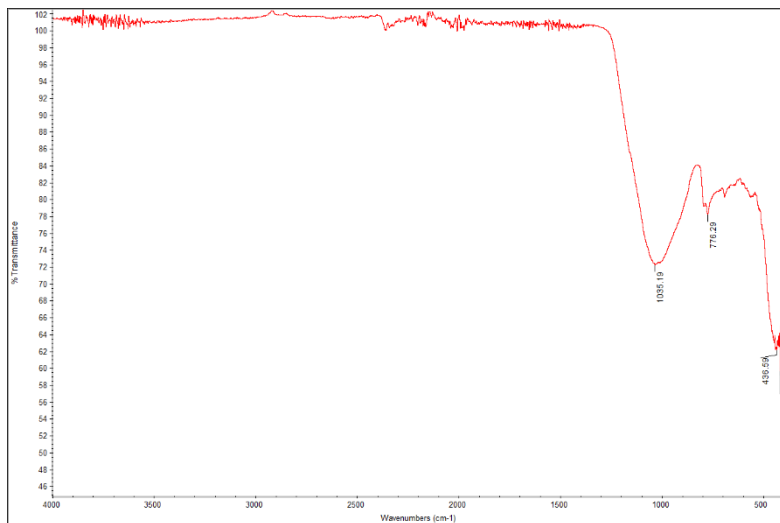
No.	Agregat A (%)	Agregat B (%)	Flexural Strength (MPa)
1	15	85	5,24
2	30	70	4,14
3	45	55	6,05
4	60	40	6,29
5	75	25	5,78

Tabel Data Pengujian Tekan

No.	Agregat A (%)	Agregat B (%)	Compression Strength (MPa)
1	15	85	51,012
2	30	70	51,012
3	45	55	56,244
4	60	40	68,016
5	75	25	61,48

LAMPIRAN C

FTIR



UCAPAN TERIMA KASIH

1. Kedua Orang Tua, Bapak Muhammad Khoiri dan Ibu Siti Murofi'ah yang selalu memberikan dukungan moril dan materil serta doa yang tidak henti untuk penulis.
2. Bapak Dr. Agung Purniawan, S.T., M.Eng., selaku Ketua Departemen Teknik Material.
3. Bapak Dr. Eng. Hosta Ardhyanta, S.T., M.Sc., selaku dosen wali yang telah membimbing, memberi saran dan arahan serta nasihat selama perkuliahan di Departemen Teknik Material.
4. Bapak Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku pembimbing I tugas akhir yang telah membimbing, memberi saran dan arahan serta nasihat dalam pelaksanaan tugas akhir dan penyusunan laporan tugas akhir ini.
5. Ibu Dr. Widayastuti, S.Si., M.Si., selaku pembimbing II tugas akhir yang telah membimbing, memberi saran dan arahan serta nasihat religius dalam pelaksanaan tugas akhir dan penyusunan laporan tugas akhir ini.
6. Bapak Tarmuji, Bapak Alit MT 02, Mas Wahyu Perdana MT 14, selaku pembimbing perusahaan di PT. INKA (Persero) yang banyak memberi dukungan dan membantu kelancaran selama proses pembuatan spesimen Tugas Akhir.
7. Teman-teman MT 17 yang selalu memberikan support moral dan material demi kelancaran perkuliahan penulis.
8. Mas Sochibul, Mas Fajryansya, Fitri, Intan, Yuyun, Retno, Muhayat, Putro, Rosa, Kuni, Ajeng serta teman-teman Lab Material Inovatif yang membantu kelancaran proses penyusunan proposal tugas akhir ini.
9. Adik-adik, Saudara, teman – teman organisasi dan orang-orang yang yang memberikan semangat dalam pengerjaan Tugas Akhir

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Novi Rahayu Wulandari. Dilahirkan di Surabaya pada tanggal 23 November 1996 dari pasangan Muhammad Khoiri dan Siti Murofiah. Penulis merupakan anak pertama dari lima bersaudara. Penulis pernah menempuh pendidikan formal di MI Salafiyah Bahauddin di Sidoarjo, SMP Negeri 2 Taman Sidoarjo, dan SMA Negeri 15 Surabaya. Penulis merupakan mahasiswa aktif Departemen Teknik Material FTI-ITS tahun masuk 2015. Selama menjalankan pendidikan di kampus ITS Surabaya, penulis berpartisipasi aktif dalam organisasi di Lembaga Dakwah Jurusan Ash-habul Khafi Teknik Material FTI-ITS Sebagai staff Departemen Humas kepengurusan 2016/2017, dan Koordinator Putri Departemen Humas Kepengurusan 2017/2018. Selain itu, penulis juga aktif di organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Material dan Metalurgi Fakultas Teknologi Industri ITS (HMMT FTI-ITS) sebagai Staf Departemen Hubungan Luar kepengurusan 2016/2017. Untuk menunjang skill leadership, penulis juga berpartisipasi aktif dalam relawan Bidikmisi ITS sebagai Kepala Departemen Kewirausahaan kepengurusan 2017/2018. Dalam mengembangkan minat dan bakat penulis mengembangkan kemampuan tersebut dalam bidang karya tulis ilmiah. Dengan mengikuti Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) bidang Pengabdian Masyarakat yang berjudul “AGEN CONAN : Program Agen Pemuda Cerdas CONAN “Creativity On Agropreneur” dalam budidaya jamur tiram dari media tongkol jagung Sebagai Gerakan Pembangunan Desa Berbasis Agropreneur di Dusun Legundi Desa Gempol legundi Kecamatan Gudo Kabupaten Jombang”, dan berhasil lolos sampai mendapat pendanaan dari Menristekdikti pada tahun 2018. Adapun penulis pernah menjalani Kerja Praktek di PT. Industri Kereta Api (Persero), Madiun Jawa Timur

Penulis dapat dihubungi melalui email
Novirahayu2311@gmail.com

